



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA RESTAURADORA

**INFLUENCIA DE LA LUMINOSIDAD DE LAS RESINAS
COMPUESTAS DE ALTO VALOR EN LA
PROFUNDIDAD DE CURADO**

Trabajo especial de grado para optar al título de odontólogo

Autor:

Br. Alejandro Sánchez Rangel

Tutor: Od. Esp. PhD. Robert Ramírez Molina

Mérida- Venezuela, enero del 2022

DEDICATORIA

En esta oportunidad, quiero dedicar emotivamente esta memoria de grado, a una persona que formó parte muy importante en este proceso, y que no se encuentra en este plano terrenal, pero que indudablemente con su apoyo, formó parte de este logro; gracias PAPÁ, faltó poquito para verme donde querías, sin embargo, hoy entiendo que los planes y el tiempo de Dios son perfectos, y estoy seguro que dónde quiera que estés, te sientes orgulloso de mí. Gracias por la paciencia y el amor que como padre nunca te faltó, porque siempre estuviste ahí para mí y mis hermanos ¡Te amo! esto también es por ti.

www.bdigital.ula.ve

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer en estas líneas, la ayuda que muchas personas y compañeros me han prestado durante el proceso de investigación y redacción de este trabajo, así como también, en mi carrera profesional. En primera instancia y de manera especial, quisiera agradecer a mi tutor Robert Ramírez, y a todos los docentes que formaron parte de este proceso, por haberme orientado en todos los momentos que necesité de sus consejos, conocimientos y sabiduría. A mis padres, quienes me apoyaron, creyeron y no desistieron de acompañarme, a pesar de las adversidades que muchas veces se hicieron presentes para llegar hoy hasta aquí. A mis hermanos y familiares en general, que hicieron posible con su ayuda, mi formación en esta prestigiosa casa de estudios, y que definitivamente marcó un antes y un después en mi formación académica, ética y profesional. A mi hija, quién ha sido mi motor y ser de luz en mi vida, le debo tanto. Y por último, pero no menos importante, a Dios, quién ha sido mi guía y mi sostén, dándome sus fuerzas cuando aún las mías no eran suficientes.

ÍNDICE DE CONTENIDO

<u>DEDICATORIA</u>	<u>II</u>
<u>AGRADECIMIENTOS</u>	<u>III</u>
<u>ÍNDICE DE CONTENIDO</u>	<u>IV</u>
<u>RESUMEN</u>	<u>VII</u>
<u>INTRODUCCIÓN</u>	<u>1</u>
<u>CAPÍTULO I</u>	<u>3</u>
<u>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u>	<u>3</u>
1.1 DEFINICIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	8
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
1.3 JUSTIFICACIÓN	9
<u>CAPITULO II</u>	<u>10</u>
<u>MARCO TEÓRICO</u>	<u>10</u>
2.1 ANTECEDENTES	10
2.1.1 INFLUENCIA DE LA TRANSLUCIDEZ DE LAS RESINAS COMPUESTAS EN LA PROFUNDIDAD DE CURADO	10
2.1.2 INFLUENCIA DEL TONO DE LAS RESINAS EN LA PROFUNDIDAD DE CURADO	12
2.1.3 PROFUNDIDAD DE CURADO AFECTADA POR DIFERENTES FACTORES	15
2.1.4 RELACIÓN DEL GROSOR DE LAS RESINAS COMPUESTAS Y LAS PROPIEDADES ÓPTICAS DE LAS MISMAS	16
2.1.5 COLOR O TONO DE LA RESINA COMO FACTOR INFLUYENTE EN LAS PROPIEDADES ÓPTICAS DE LA RESINA COMPUESTA	18
2.1.6 TRANSMISIÓN DE LUZ AFECTADA POR DIFERENTES FACTORES	19
2.1.7 MÉTODOS PARA MEDIR LOS VALORES ÓPTICOS DE LAS RESINAS COMPUESTAS	20
2.2 BASES CONCEPTUALES	21
2.2.1 RESINAS COMPUESTAS	21
2.2.1.4 INHIBIDORES	22

2.2.1.5 INICIADORES	22
2.2.1.6 PIGMENTOS	22
2.2.2 PROFUNDIDAD DE CURADO	24
2.2.3 COLOR	24
2.2.4 MÉTODOS PARA DETERMINAR EL COLOR	26
2.2.5 CIELAB	29

CAPÍTULO III **30**

MARCO METODOLÓGICO **30**

3.1 ENFOQUE, ALCANCE Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	30
3.2 ESPECÍMENES NO BIOLÓGICOS	30
3.2.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN	31
3.2.2 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	31
3.3 SISTEMA DE VARIABLES	31
3.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	31
3.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE	31
3.3.3 VARIABLE INTERVINIENTE	31
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	31
3.5 PROCEDIMIENTOS, MATERIALES, EQUIPOS E INSTRUMENTOS	32
3.5.1 MATERIALES, EQUIPOS E INSTRUMENTOS	32
3.5.2 PROCEDIMIENTO	32
3.5.2.1 Fase 1: Conformación de los grupos de estudio	33
3.5.2.2 Fase 2: Preparación de las muestras	33
3.5.2.3 Fase 3: Medición de las muestras	33
3.5.2.4 Fase 4: Determinación del valor	34
3.6 PRINCIPIOS ÉTICOS	34
3.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS	34

CAPÍTULO IV **36**

RESULTADOS **36**

TABLA 1: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA LA VARIABLE PROFUNDIDAD DE CURADO (MM) EN FUNCIÓN DEL TONO DE RESINA COMPUESTA.	36
TABLA 2: ANOVA DE 1 VÍA PARA PROFUNDIDAD DE CURADO (MM) EN FUNCIÓN AL TONO DE RESINA COMPUESTA.	37
TABLA 3: TUKEY HSD PARA PROFUNDIDAD DE CURADO EN FUNCIÓN A TONO DE RESINA COMPUESTA EXPRESADO EN MM.	37
TABLA 4: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA LA VARIABLE LUMINOSIDAD EXPRESADA EN DELTA L EN FUNCIÓN DEL TONO DE RESINA COMPUESTA.	38

TABLA 5: ANOVA DE 1 VÍA PARA LA VARIABLE LUMINOSIDAD EN FUNCIÓN DEL TONO DE RESINA COMPUESTA EXPRESADA EN DELTA L	38
<u>DISCUSIÓN</u>	<u>41</u>
<u>CONCLUSIONES</u>	<u>46</u>
<u>RECOMENDACIONES</u>	<u>47</u>
<u>ANEXOS</u>	<u>52</u>
	53
IMAGEN 1: LÁMPARA DE FOTOCURADO, VERNIER ELECTRÓNICO, ESPÁTULA DE RESINA, MOLDES DE SILICONA, BANDA MATRIZ MYLAR , RESINA COMPUESTA.	53
IMAGEN 2: FOTOCURADO DE LAS MUESTRAS DE RESINA COMPUESTA.	53
	54
IMAGEN 3: MEDICIÓN DE LAS MUESTRAS, CON VERNIER ELECTRÓNICO.	54
	55
IMAGEN 5: REVELADO DE FOTOGRAFIA EN CAMERA RAW	55

www.bdigital.ula.ve



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
PARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA RESTAURADORA

INFLUENCIA DE LA LUMINOSIDAD DE LAS RESINAS COMPUESTAS DE ALTO VALOR EN LA PROFUNDIDAD DE CURADO

Trabajo especial de grado para optar al título de odontólogo

Autores:

Br. Alejandro Sánchez Rangel

Tutor: Od. Esp. PhD Robert Ramírez Molina

Mérida- Venezuela, enero del 2022

RESUMEN

Introducción: actualmente, las resinas compuestas han tenido gran evolución en sus propiedades tanto mecánicas como ópticas, brindando soluciones más fáciles, funcionales y sobre todo altamente estéticas, razón que sustenta su alta demanda en los tratamientos en el sector anterior. Las resinas compuestas más utilizadas para dicho fin son las resinas de alto valor. Cuando se realizan restauraciones directas en el sector anterior, el operador maneja espesores de resina variados, sin tomar en cuenta que estas tienden a reflejar más la luz, viéndose afectada la profundidad de curado de las mismas, conllevando a un posible fracaso. **Objetivo:** determinar el grado de correlación entre la profundidad de curado y los diferentes grados de luminosidad de las resinas compuestas. **Metodología:** la presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo, de alcance correlacional y cuasiexperimental, las muestras fueron diferentes tonalidades de resina compuesta de la marca 3M serie Z350; XWB, WE, CTT, A2E, B1E y Z250 A2, se determinó la profundidad de curado siguiendo el método de la norma ISO 4049. Se tomaron fotografías y se evaluaron en Adobe Photoshop CC y Digital Color Mater, donde se obtuvo el valor de L, con el fin de realizar la correlación entre profundidad de curado y la luminosidad. **Resultados:** en cuanto a la profundidad de curado, CTT obtuvo 11,49mm, XWB 6,72mm, Z-250 A2 obtuvo 7,37mm, siendo similar a A2E con 7,72mm y cercano a B1E con 8,14mm, sorpresivamente WE alcanzó una profundidad de 9,13mm. XWB mostró la mayor luminosidad, con un promedio de 72,10, asimismo, CTT obtuvo la menor luminosidad con 30,85, el grupo control obtuvo una luminosidad media con 62,46, seguidamente encontramos al A2E con 60,19 y al B1E con 63,55, el WE tuvo un comportamiento inesperado alcanzando 57,82. **Conclusión:** se confirmó la existencia de una correlación inversamente proporcional con un valor de 93% y un peso de 88%.

Palabras clave: profundidad de curado, resinas compuestas, luminosidad

INTRODUCCIÓN

De los componentes del color, la cantidad de luz es el componente que más fácil se puede detectar, a esta cantidad de luz se le denomina valor o luminosidad y se define como el grado de claridad-oscuridad o lo que es lo mismo, la cantidad de gris que posee un determinado color ¹, cuanto mayor es el valor, más opaco o blanquecino será el objeto y reflejará la luz, mientras que, a menor valor, será más translúcido o grisáceo y absorberá la luz. La translucidez y la luminosidad son características que poseen las resinas compuestas que dependiendo de que tanto posean una o la otra, ofrecerán a la restauración diferentes resultados muy naturales, razón principal por lo que hoy día los materiales restauradores más utilizados son las resinas compuestas, debido a la gran evolución que han tenido en sus propiedades físicas, químicas, mecánicas y ópticas, ya que estas presentan soluciones más fáciles, conservadoras y sobre todo altamente estéticas.

Las resinas compuestas más utilizadas para dicho fin son las resinas de alto valor ya que se asemejan más al diente, logrando restauraciones mucho más naturales. Actualmente, es mayor el número de personas que buscan tratamientos o restauraciones más estéticas, por lo que, cada vez es más frecuente la realización de diseños de sonrisa mediante la técnica directa.

En cuanto a la profundidad de curado de las resinas compuestas, se sabe que, esta se ve afectada por múltiples factores, siendo uno de ellos el tono (color) de las mismas, ya que en diversos estudios determinaron que los tonos más oscuros de resinas fotocuraron menos que los tonos más claros. Pero también existen otros estudios donde concluyeron que la luminosidad de las resinas compuestas podría ser un factor más determinante en la profundidad de curado que el tono de las mismas, y como se dijo anteriormente, las resinas de alto valor son las más utilizadas en el sector anterior, y para ello, el operador debe manejar diversos espesores de resinas sin tomar en cuenta que estas tienden a reflejar más la luz que las convencionales, afectando así la calidad del curado, ya que la luz de la lámpara sería reflejada y no absorbida por el material

llevando a un posible fracaso de la restauración. Por tal razón, nos planteamos como objetivo, determinar el grado de correlación entre la profundidad de curado y los diferentes grados de luminosidad de las resinas compuestas.

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo, de alcance correlacional y diseño cuasiexperimental. Las muestras fueron diferentes tonalidades de resina compuesta de la marca 3M serie Z350; XWB, WE, CTT, A2E, B1E Y Z250 A2, como grupo control, éstas se colocaron en moldes de silicona por condensación, se fotocuraron dichas muestras con una lámpara LED 3M ESPE, se eliminó el material que no curó y se midió con un vernier electrónico de sensibilidad 0.1mm. Se tomaron fotografías de las muestras con una cámara digital Nikon 5300, posteriormente, se evaluaron dichas fotografías con Adobe Photoshop CC y Digital Color Meter para así obtener el valor de L con el fin de realizar la correlación entre profundidad de curado y la luminosidad. Los datos obtenidos se registraron en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, luego, los datos fueron llevados al paquete estadístico SPSS 2020 en donde se realizó una regresión lineal y así se obtuvo el valor de p (probabilidad), el coeficiente de correlación, el coeficiente de determinación y el signo de la correlación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Definición y contextualización del problema

Hoy en día, los materiales más utilizados para la ejecución de restauraciones a través de técnicas directas, son las resinas compuestas², éstas se pueden definir como un grupo de biomateriales de uso odontológico que permiten devolver además de la estructura dentaria perdida, la estética, debido a su capacidad de aceptar color en su composición, y al mismo tiempo devolviendo la funcionalidad perdida. Están formadas por partículas de relleno inorgánicas inmersas en una matriz orgánica de polímeros, en las que las partículas inorgánicas están recubiertas con un compuesto de silano activo que separa y une a la vez la fase inorgánica a la fase orgánica, lo cual dota a la restauración final, de mejores propiedades de las que pudiera presentar en forma individual y por sí solas en cada fase. Además, presentan otros componentes como colorantes, aditivos, inhibidores y activador o iniciador del proceso de polimerización³⁻⁶.

Actualmente, la tendencia es buscar restauraciones naturales, por lo tanto, hace que el conocimiento de las propiedades ópticas de los tejidos dentarios y de las resinas compuestas sea imposible de obviar. La realización de restauraciones estéticas implica el conocimiento de las formas, texturas y colores, tanto desde el punto de vista fisicomatemático como de su repercusión emocional⁷.

El concepto de color está conformado por la relación entre los aspectos físicos del mismo, su percepción por el ojo humano y por la interpretación psicológica propia de cada persona. En 1905 el pintor Albert Munsell propuso el sistema de color denominado HSV (HUE: Matiz, Saturated: saturación y Value: valor) el cual es utilizado actualmente. En cuanto a las características del mismo, tenemos el matiz o tonalidad (Hue), que se refiere específicamente al nombre del color, o sea, al tipo específico de longitud de onda (verde, azul, amarillo, etc.) que no es absorbida por

objetos y por lo tanto es reflejada hacia nuestros ojos. Luego el croma, tiene que ver con el grado de saturación, la intensidad del matiz o la cantidad de pigmentos que posee y por último, el valor, que es considerado la dimensión acromática del color, posee sinónimos como brillo o luminosidad, expresa la cantidad de luz que compone el color estudiado y se corresponde a las tonalidades de gris comprendidas entre un valor máximo; 100 que corresponde al blanco y otro mínimo; 0 que corresponde al negro, es decir, de alguna manera es la cantidad de negro o blanco que posee un objeto. El valor también puede ser definido por la capacidad que tiene el material de absorber o reflejar la luz, de manera que, la capacidad para absorber y/o transmitir la luz se conoce como translucidez, y la capacidad para reflejarla, luminosidad. Entonces, un objeto con alto valor tendrá más luminosidad, por lo tanto, reflejará la luz, mientras que un objeto con bajo valor será translucido y dejará pasar la luz a través de su estructura ^{1,7,8}.

Actualmente, existen varios sistemas disponibles para determinar y evaluar el color de los diferentes materiales restauradores. Los dispositivos son generalmente de tres tipos, colorímetros, espectrofotómetros y las cámaras digitales.⁹

Los espectrofotómetros se encuentran entre los instrumentos más precisos y útiles para la concordancia de color en odontología, estos, contienen una fuente de radiación óptica, un medio de dispersión de la luz, un sistema óptico de medición, un detector y un medio de conversión, logrando que la luz obtenida se convierta en una señal que se puede analizar, éste mide la cantidad de energía luminosa reflejada de un objeto en intervalos de 1 a 25 nm a lo largo del espectro visible. Los datos obtenidos de los espectrofotómetros deben manipularse y traducirse a un formato útil para los profesionales de la odontología.¹⁰⁻¹³

Los colorímetros, miden de forma directa el color, ellos generalmente usan tres o cuatro fotodiodos de silicio que tienen filtros de colores del campo visible: Rojo, verde y azul¹⁰. Estos filtros actúan como generadores de funciones analógicas que limitan las características espectrales de la luz que incide en la superficie del detector, es decir, estos no registran la reflectancia espectral, por lo tanto, no son tan precisos como los espectrofotómetros, pero son más fáciles de usar y relativamente económicos¹³. Sin

embargo, debido a su naturaleza de detección consistente y rápida, estos dispositivos pueden ser precisos solo con mediciones diferenciales.¹⁰⁻¹²

Más recientemente, se han utilizado las cámaras digitales como una herramienta eficaz en el proceso de medición del color ya que ofrece muchos beneficios en el campo de la odontología, como la mejora de la comunicación entre los odontólogos y el laboratorio dental, pudiendo transmitir de manera objetiva no sólo la morfología dental y colores, sino también la textura de la superficie, la distribución del color e incluso las condiciones intraorales. La ventaja de este método es que la cámara graba los tres colores primarios en cada ubicación de píxel, lo que permite obtener el color real de un objeto fotografiado. Las imágenes producidas a través de una cámara digital se analizan utilizando un software de formación de imágenes, lo que permite la valoración del color de las imágenes analizadas. Este es un proceso mucho más económico que el uso de espectrofotómetros o colorímetros, además de ser una gran forma de registrar el tratamiento de los pacientes, sin embargo, se deben tomar en cuenta el conocimiento y la habilidad del operador, ya que esto influye directamente la medición del color.⁹⁻¹³

Es por ello, que en la odontología contemporánea, se observa un aumento en las investigaciones que utilizan estos equipos junto a softwares específicos, como Photoshop y más aún, el sistema de color CIELab, el cual representa una herramienta eficaz en la determinación del color.

En conjunto, estos métodos se utilizan para evaluar el color de las resinas compuestas, analizando y comparando sus valores respectivos con el sistema de color CIELab, que es uno de los sistemas más utilizados para evaluar el color de un objeto, ya que correlaciona la percepción visual humana con valores numéricos para comunicar y expresar el color de una forma objetiva, para ello, se determinan los valores de L*, a* y b* de dicho sistema. El parámetro L corresponde a la luminosidad, mientras que a y b corresponden al tono. El eje a, representa la saturación del eje rojo-verde, y el b, la saturación azul-amarilla¹⁴.

Es importante saber, que el color en las resinas compuestas se logra gracias a modificadores ópticos que corresponden normalmente a óxidos metálicos, estos son agregados en pequeñas cantidades y ajustados para asemejar los tejidos de esmalte o

dentina, se emplean como opacificadores el dióxido de titanio y óxido de aluminio en cantidades muy pequeñas debido a que son altamente eficaces, por lo que se debe considerar que los tonos más oscuros y opacos de resinas de fotocurado, requerirán un mayor tiempo de exposición o de capas más delgadas para lograr una completa polimerización⁶.

En otro orden de ideas, la profundidad de curado es una medida de la eficiencia de la polimerización, la cual determina que tanto espesor puede poseer un cuerpo de resina fotopolimerizable. Siendo primordial este proceso de fotopolimerización, el cual se puede definir como la conversión de los monómeros que están inmersos en la resina en cadenas de polímeros, éste puede ser iniciado por diferentes medios, siendo la emisión de diodos la más utilizada para lograr una correcta polimerización del material, aunque también va a depender de diferentes factores como; tiempo de polimerización, temperatura, espesor de la capa de composite, tipo de relleno, distancia entre foco de luz y composite, calidad del foco de iluminación, contracción de polimerización, color del composite^{5,15-17}.

Para determinar la profundidad de curado; la Norma ISO 4049 indica los requerimientos mínimos y las formas de prueba estándar para los materiales fotopolimerizables como los compuestos dentales. Como ya se mencionó, la profundidad de curado determina que tan grueso puede ser un cuerpo de resina fotopolimerizable, manteniendo al mismo tiempo un nivel de conversión de monómero aceptable el cual sería mayor al 50%. Para determinarlo, según la norma ISO, la resina a probar se coloca en un molde y se fotopolimeriza. Se retira entonces el material sin polimerizar con una espátula plástica y se mide el grosor obtenido con un micrómetro de sensibilidad de 0,01mm. La profundidad de polimerización en el estándar ISO corresponde a 1.5 mm, aunque las resinas compuestas obtienen generalmente valores mayores a 2 mm⁶.

Por otro lado, estudios realizados y protocolos clínicos estandarizados nos indican que, para obtener el mejor curado de las resinas compuestas utilizando la luz visible, es recomendable en colores claros, no polimerizar las resinas con un grosor mayor de 2mm, colocando la luz por 40 segundos. Y en colores oscuros, siempre

aplicar la lámpara de luz por más de 60 segundos¹, ya que el color puede influir directamente en la polimerización, en consecuencia, los tonos oscuros presentan menor profundidad de polimerización que los colores claros porque contienen pigmentos oscuros que no permiten el pasaje de luz¹⁶.

Moore y cols.¹⁸, en 2008 realizaron un estudio donde evaluaron la profundidad de curado de diferentes tipos de resina (fluida, híbrida, empacable) utilizando los tonos B1, A3 y D3 y un tiempo de exposición a la luz LED de 20 segundos. Encontraron que, en general, la profundidad de curado se reduce con tonos más oscuros y aumenta en los tonos más claros, sin embargo, solo la resina fluida del tono B1 cumple con los 2mm según los parámetros ISO, los demás tonos de las diferentes resinas utilizadas no alcanzaron dicho parámetro.

Shortall¹⁷, en el 2005 estudió el valor de una variedad de resinas de diferentes tonos, en el cual describió que las resinas más opacas, más estéticas y de alto valor lumínico, fueron las que presentaron menor nivel de profundidad de curado. Determinó además, que la luminosidad es un factor mucho más predecible de la profundidad de curado que el color o la sombra del material.

Así mismo, Matsumoto y cols.¹⁹, realizaron un estudio donde buscaron determinar la profundidad de curado de diferentes tonos de resinas compuestas activadas por luz a través de la dureza, en dicha investigación, observaron que en las muestras más claras obtuvieron mayor profundidad, pero arrojaron valores menores de dureza. Sin embargo, las muestras de la resina más oscura obtuvieron mejores valores de dureza, debido a que era más translúcida que todas las demás. De esta forma concluyeron que la translucidez del material es un factor más determinante que la sombra del mismo al momento de predecir la profundidad de curado.

Borges, y cols.²⁰, en el 2011 en Brasil, evaluaron la profundidad de curado de materiales compuestos de diferentes opacidades. Obtuvieron que los materiales más opacos presentaban menor grado de conversión de monómeros y por lo tanto menor profundidad de curado en relación a los más translúcidos. Determinaron entonces que los materiales más opacos poseían menor transmisión de luz, lo que afectaba el paso de la luz de la lámpara y de esta manera, el curado del material.

Como se ha observado, esta temática ha sido la protagonista de un sinnúmero de estudios, ya que el éxito de una restauración, dependerá de varios factores, siendo uno de los principales el fotocurado ideal de las resinas, sin embargo, existen discrepancias en lo que determina esta profundidad de curado, existiendo dos corrientes, una afirma que el tono (color) de las resinas será el aspecto más importante a considerar y la otra, toma en cuenta la luminosidad de las resinas compuestas. Considerar estos aspectos es de suma importancia, ya que en el sector anterior se trabajan con cantidades y espesores variados de resina compuesta, por lo que el odontólogo debe tener certeza de que se logró una correcta polimerización.

Sin embargo, a pesar de que existen múltiples investigaciones, aún en la actualidad se presentan dudas con respecto al dominio de una de las dos corrientes; además, en Venezuela, hasta la fecha no se encontraron estudios que expongan esta temática, por ende, se plantea la siguiente interrogante ¿Cómo influye la luminosidad en la profundidad de curado de las resinas compuestas ?

1.2 Objetivos de la Investigación

1.2.1 Objetivo general

- Determinar el grado de correlación entre la profundidad de curado y los diferentes grados de luminosidad de las resinas compuestas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la profundidad de curado de las resinas compuestas de alto valor.
- Determinar la luminosidad de los diferentes tipos de resinas compuesta de alto valor.
- Estimar el grado de correlación entre la profundidad de curado en función de la luminosidad de resinas compuestas de alto valor.
- Comparar el grupo de estudio con los estándares arrojados por el grupo control.

1.3 Justificación

Actualmente, en la comunidad odontológica ha aumentado el uso de las resinas compuestas de alto valor ya que son altamente estéticas, asemejándose más a los dientes naturales, por lo que su demanda ha tenido un incremento por parte de los pacientes. Debido a sus características, estas resinas reflejan mucho más la luz de la lámpara de fotocurado que las resinas convencionales, lo que podría afectar la calidad del curado, tal y como se plantea en diversas investigaciones, donde en algunas de ellas, concluyeron que la profundidad de curado de las resinas compuestas activadas por luz, se podría ver más afectada por la luminosidad de las mismas que por otros factores^{17,19,21}. En consecuencia, es imperante profundizar estos estudios, con la finalidad de determinar la incidencia de estos factores, para ser tomados en cuenta al momento de realizar las restauraciones, asegurando así un éxito predecible. Dicho esto, con el presente estudio, se plantea conocer que tanto puede afectar el alto y bajo valor de las resinas compuestas en la profundidad de curado y así ofrecer a la comunidad odontológica mejores recomendaciones sobre el uso de estos materiales, con el fin de minimizar el número de fracasos clínicos y obtener resultados tanto naturales como funcionales a largo plazo, además, dicha información podría incluirse en los temarios de clases dictadas en pregrado, aportando así los conocimientos necesarios a los profesionales del futuro.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

En el siguiente capítulo se presentan diversos estudios citados en orden temático y organizado en subtítulos. En cada apartado dichos antecedentes serán descritos en orden cronológico y jerárquico según la relación que guarden con el tema: Influencia de la luminosidad de las resinas compuestas de alto valor en la profundidad de curado.

2.1.1 Influencia de la translucidez de las resinas compuestas en la profundidad de curado

En 1986, Ferracane, y cols.²¹, realizaron un estudio en Dallas, Texas, donde determinaron la profundidad de curado de resinas compuestas fotopolimerizables utilizando diferentes tonos y translucidez a través de la dureza. En dicho estudio utilizaron 3 tonos diferentes y sus variantes Prismafine (light-L, light yellow-LY, light gray-LG, and light yellow gray-LYG); Prisma-fil (light-L, light yellow-LY, light gray-LG, light yellow grayLYG) y Aurafill (light-L, yellow-Y, gray-G y gray-brown-GB), estas fueron dispensadas directamente en un molde de aluminio de 4mm de diámetro por 5 de altura, posterior a esto, fueron iluminados por 40s a una distancia de 2mm. Se utilizaron 3 ejemplares de cada tono, estos fueron seccionados con una sierra de diamante a profundidades de 1mm, 2mm, 3mm y 4mm. La dureza Knoop se midió 24h después de curar con un ‘tukon tester’ con una carga de 500mg, se realizaron 2 mediciones en cada profundidad para un total de 12 medidas por tono. En cuanto a los resultados determinaron que la reducción de la dureza a mayores profundidades dependía en lo particular al sistema de resina utilizada. Las resinas prisma-fill mostraron reducciones significativas hasta de un 60% para todos los tonos, y se evidenció que dicho tono fue independiente o no marco diferencia. En cuanto a las

resinas aurafill, los valores de dureza a 4mm fueron significativamente menores (76%-85%) que los espesores de 1mm-2mm y la transmisión de luz fue mayor que las prismafill, el tono tampoco marcó diferencias, cabe destacar que el tono más oscuro (GB) tuvo el mayor porcentaje de transmisión de luz y también los mejores valores de dureza. Concluyeron que el tono más oscuro de las resinas aurafill tenía una profundidad de curado mejor o igual a los demás tonos. Esto sugiere que la profundidad de curado de las resinas activadas por luz puede depender menos del tono que de otros factores, tal como la translucidez del material.

En 1986, otro estudio hecho por Matsumoto, y cols.¹⁹, en la Universidad de Texas en Dallas, determinaron la profundidad de curado de diferentes resinas activadas por luz (yellow, gray-brown, y light de Aurafill, Command universal de Sybron/Kerr, Prisma-Fil light gray y Prisma-Fine light gray, Ultra-Bond shade 62 de Den-Mat) a través de la dureza. Realizaron preparaciones de 2mm de diámetro con diferentes profundidades de 1, 2, 3 y 4mm en las caras oclusales de dientes extraídos, inyectaron la resina con una jeringa y procedieron a fotocurar según el manual del fabricante. Observaron que, en las muestras con mayor profundidad, se arrojaban valores menores de dureza, pero que en las muestras de la resina Aurafill, la resina más oscura (gray Brown) obtuvo mejores valores de dureza, debido a que era más translúcida que todas las demás. De esta forma sugirieron que la translucidez es un factor más determinante que la sombra del material al momento de predecir la profundidad de curado.

En 1995, Wilson y cols.²², en la Universidad de Birmingham, Inglaterra, evaluaron la profundidad de curado de materiales compuestos y la influencia del tono y la opacidad en la misma. Estudiaron tres tonos (A2, A3.5, C2) de Brilliant® y Herculite XRV® y sus variantes (esmalte y dentina). El método utilizado para evaluar la profundidad de curado consistía en colocar el material compuesto en un molde de acero inoxidable 6x4 mm de diámetro, se cubrió con una banda matriz y se fotocuró desde la superficie superior por 20s, luego se invirtió el molde y se empleó un penetrómetro digital para evaluar la profundidad de curado; la aguja del instrumento se introdujo en el material, la fuerza ejercida a través de la aguja produce una tensión de aproximadamente 62 MPa. La lectura en el manómetro producida después de que la

aguja haya penetrado el material sin curar es un valor directo de la profundidad del material endurecido. Los resultados indican que hubo diferencias significativas en cuanto a la profundidad de curado para materiales con opacidades de esmalte y dentina, indican también, que los esmaltes lograron una profundidad de curado significativamente mayor para todos los tonos probados en comparación con los tonos de dentina. Determinaron que existe estrecha relación entre la profundidad de curado y la opacidad del material.

2.1.2 Influencia del tono de las resinas en la profundidad de curado

En 1983, Swartz, y cols.²³, determinaron la profundidad de curado y la dureza de dos tipos de resinas y diferentes tonos (Prisma fill and Visio-dispers). Separaron las resinas en muestras colocándolas en moldes de 7mm de diámetro por 1, 2 y 3 mm de profundidad sobre una placa de vidrio, luego, cubrieron las muestras con bandas matrices y procedieron a fotocurar por 20 segundos, retiraron las bandas y realizaron tres indentaciones en las superficies superior e inferior para medir la dureza de cada muestra y así obtener un indicador relativo del grado o calidad de polimerización. Obtuvieron que las resinas más claras presentaron una mejor profundidad de curado que las más oscuras, en conclusión, hallaron que el grado de curado de las resinas varía con el tono de la misma.

En el año 2001, Tanoue, y cols.²⁴, realizaron un estudio en Japón donde determinaron la profundidad de curado de diferentes tonos de un material compuesto, con el objetivo de evaluar la influencia de la variación del color en las propiedades del material posterior al curado. Para dicho estudio utilizaron un material compuesto protésico híbrido, Artglass2 y probaron ocho tonos (A1, B1, C1, D2, A4, B4, C4 y D4), el material compuesto de cada tono se colocó en un molde de acero inoxidable con una abertura cilíndrica de 10 mm de diámetro por 3 mm de altura, la superficie estaba cubierta con un trozo de poliéster y utilizaron una unidad de fotocurado UniXS. Para la evaluación del color, utilizaron un medidor de croma dental (ShadeEye3) conectado a un computador personal junto con el sistema CIELAB donde aplicaron coordenadas

para cada tono utilizado. La profundidad de curado de todos los especímenes fue determinada utilizando un micrómetro. Respecto a los resultados, determinaron que, la profundidad de curado de los tonos claros era significativamente mayor que la de los tonos oscuros. En cuanto a los cambios de color post curado, evidenciaron que los valores de L^* , a^* y b^* diferían según sus respectivas tonalidades. B1 demostró característicamente el valor L^* más alto y el valor b^* más bajo, aunque no se observaron tendencias obvias en la diferencia de coordenadas del color. En conclusión, este estudio demostró que la profundidad de curado de los materiales compuestos está fuertemente vinculada con el tono del material, y a pesar de que hubo cambios de color en el post-curado, estos no eran relevantes.

En 2005, Shortall¹⁷, en Birmingham, Inglaterra, realizó un estudio donde determino cómo el tono de las resinas afecta la profundidad de curado de las mismas. Para esta investigación utilizó diferentes tonos de resina compuesta 3M Z350 y moldes de nylon negro con cavidades cilíndricas de 4 mm de diámetro. Se utilizaron moldes de 8, 10 y 12 mm de altura para garantizar que las determinaciones de profundidad de curado excedieran la altura del molde en al menos 2 mm para todas las pruebas, también utilizaron dos lámparas distintas con un tiempo de radiación de 40s con la LED convencional y con Freelight 2 (LED 2) a 20s de radiación. La profundidad de curado se determinó utilizando la prueba de penetrómetro digital, donde este ejerció una presión sobre la muestra de 62mpa. Las coordenadas de CIELAB (L^* , a^* , b^*) se registraron utilizando un colorímetro de triple estímulo (CR-321). Las diferencias en CIE L^* a^* b^* antes y después del curado se calcularon con la formula ΔE , también determinaron el parámetro de translucidez. En cuanto a los resultados tenemos que la profundidad de curado aumentó 7% cuando se utilizó la lámpara LED1 a 40s con respecto a la LED2 a 20s, sin embargo, no se estableció una diferencia significativa, en cuanto a la media (s.d) del pre y post curado de las coordenadas CIELAB (L^* , a^* , b^*) todos los tonos mostraron una reducción tanto en la media L^* (se volvió más oscura) como en la media b^* (menos amarillo) con pequeños aumentos en a^* (más rojo), por otro lado, la translucidez mostró ser un factor predictivo mucho más influyente de la profundidad de curado que cualquier

cambio de color o tono en el material por lo que concluyeron que la profundidad de curado está fuertemente vinculada a la opacidad del material y no al color.

En 2008 Moore, y cols.¹⁸, en los Estados Unidos, investigaron la profundidad de curado de resinas compuestas comerciales, en tonos A3, B1 y D3, en sus presentaciones fluida, híbrida y empacable. Siguiendo la norma ISO 4049 para test de profundidad de curado, fabricaron muestras de 4mm de diámetro por 6mm de profundidad, fotocuraron por 20s, luego retiraron el material no fotocurado y las midieron con un micrómetro. Obtuvieron que las muestras de la resina B1 al ser la más clara y la más translúcida de todas, fue la que presentó los valores más altos de curado. De esta manera encontraron que en orden de las más claras a las más oscuras se obtuvieron mejores valores, siendo la resina B1 la que fotocuró a mayor profundidad, seguida de la A3 y luego la D3, entonces dedujeron, que el tono del material interfería en la profundidad de curado del mismo.

En 2009, Guiraldo, y cols.²⁵, realizaron un estudio en la ciudad de Tokio, Japón, donde determinaron cómo los diferentes tonos de los composites influyen en el paso de luz a través de los mismos y cómo influye en la dureza, para ello, utilizaron resina compuesta Filtek Z250 de la 3M con los siguientes tonos: A1, A2, A3, A3.5 Y A4. También utilizaron una unidad de fotopolimerización de cuarzo tungsteno halógeno con una irradiación de 900 mW/cm². Realizaron muestras cilíndricas estandarizadas colocando el compuesto en un molde de elastómero circular de 2 mm de espesor y 7mm de diámetro. Las superficies inferior y superior de dicho molde se cubrieron con una tira de poliéster transparente y se procedió a la fotoactivación, ésta se realizó durante 20 segundos de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. En cuanto a los resultados, obtuvieron datos importantes ya que el paso de luz irradiada a través de los compuestos muestra que mientras el tono de la resina sea más claro, mayor es el paso de la misma a través de las resinas compuestas, demostrando que el tono A1 fue estadísticamente mayor que la del tono A2, el A3.5 no mostró diferencias estadísticas en comparación con A4. En cuanto a la dureza del compuesto demostraron que los tonos más oscuros obtuvieron un mayor porcentaje de dureza que los tonos más claros. Concluyeron que los tonos más claros permiten mayor paso de luz a través de ellos y

que los tonos más oscuros mostraron mayor dureza, probablemente por la mayor capacidad de absorción de luz que tienen estos últimos

2.1.3 Profundidad de curado afectada por diferentes factores

En 1987, Ferracane y DeWald²⁶, en los Estados Unidos, midieron el grado de conversión de diferentes tipos de resinas compuestas en función de determinar la profundidad de curado. Usaron muestras de resinas de macro relleno (Aurafill), partículas finas (Prisma-fill) y de microrelleno (Prisma-microfine). Fabricaron muestras de 1, 2, 3, 4 y 5mm de grosor en moldes de acero de 5mm de diámetro, estas fueron cubiertas con bandas de matriz plásticas junto con una placa de vidrio con un agente adhesivo a base de resina. Las muestras fueron fotocuradas en un fondo negro a una distancia de 1mm por 40s y luego de nuevo por 48h en un cuarto oscuro a 37°C. Luego midieron el grado de conversión a través del uso de un espectrofotómetro. Obtuvieron que, para todos los 3 tipos de resina, las muestras de mayor grosor expresaron menor grado de conversión en relación a las muestras de menor grosor, es decir, que mientras más delgada era la muestra, esta presentaba mejores propiedades de curado, y que mientras más gruesa era la misma, esta presentaba resultados cada vez más deficientes.

En 2012, Frausher y Illie²⁷, en Alemania, realizaron un estudio en el que evaluaron los diferentes factores que podían ejercer un papel importante en la profundidad de curado, usando resinas compuestas nanohíbridas en muestras de 4 mm de diámetro y 6 mm de profundidad, fotocurando con técnica incremental, descubrieron que el factor más relacionado a la profundidad de curado es el tiempo de exposición seguido de las características del material, el volumen de las partículas de relleno y por último el peso de las mismas. Entendieron entonces que la profundidad de curado se ve afectada por diferentes factores y no por uno solo en sí.

Posteriormente, Guerrero y Chumi³ en Ecuador en el 2018, compararon la profundidad de curado de una resina nanohíbrida activada con dos tipos de lámpara diferentes. Utilizaron 92 muestras de resina Z350 de la marca 3M color A2, de 6mm

de largo por 4mm de diámetro. Fotocuraron la mitad del total de las muestras con lámparas de luz led (10s según la casa fabricante) y la otra mitad con lámparas de luz halógena (40 s), procedieron a eliminar el material que no curó y midieron con un micrómetro digital. Como resultados, obtuvieron que las muestras fotocuradas por medio de lámparas de luz led, presentaron un valor máximo de profundidad de curado de 2,32mm y un mínimo de 2,25mm, mientras que para las muestras fotocuradas con lámparas de luz halógena se obtuvo un valor máximo de profundidad de curado de 2,29mm y un mínimo de 2,23mm. Debido a que se obtuvieron resultados significativamente diferentes entre los dos grupos, se entiende que la profundidad de curado también se ve afectada por la fuente de luz activadora.

2.1.4 Relación del grosor de las resinas compuestas y las propiedades ópticas de las mismas

En el 2007, Vichi y cols.²⁸, evaluaron la relación entre el color y la luminosidad de resinas compuestas de diferentes tonos a diferentes grosores. Usaron resinas translúcidas T1, T2 y T3 (Sybron-Kerr, Orange, CA, USA), fabricaron muestras en moldes de acero de grosores de 1, 1.5 y 2 mm, cubiertas con bandas matriz plásticas y una loseta de vidrio de 1mm de espesor. Fotocuraron por 10s y luego 50s más, pero sin la loseta de vidrio. Luego de retirar la banda y las muestras de los moldes, procedieron a medir las mismas con un vernier digital para verificar los grosores de las muestras. Después, mediante el uso de un espectrofotómetro midieron los valores CIElab de cada una de las muestras. Obtuvieron que, para todas las resinas, mientras menos gruesas eran las muestras, estas presentaban mayores valores ópticos y que mientras más gruesas, sus valores decaían en relación a las de menor grosor. Se entiende entonces que el grosor del material influye en la luminosidad del mismo.

Años más tarde, en 2010, Schemeling, y cols.²⁹, en Brasil, evaluaron la influencia del grosor en la luminosidad de las resinas compuestas de alto, medio y bajo valor. Usaron de base una resina A2 de 2mm de grosor, a la cual le agregaron 1, 0.8, 0.6 y 0.4mm de resinas de alto, medio y bajo valor para crear grupos y subgrupos

respectivamente. Luego de fotocurar procedieron a medir los valores L^* , a^* y b^* con un espectrofotómetro. Obtuvieron que en orden de mayor a menor grosor se observaron valores cada vez más altos. Por lo tanto, se dedujo que en menores grosores se obtienen mejores propiedades ópticas.

En el año 2012, otro estudio hecho por Nakajima, y cols.³⁰, en Japón, evaluaron las características de la transmisión de luz de las resinas compuestas. Usaron muestras de 3 tipos de resinas de diferentes marcas, separadas en grupos de grosores de 0.5, 1 y 2mm. Luego de fotocurar midieron la transmisión de luz de cada muestra con un espectrofotómetro, luego de analizar los resultados obtuvieron que, para todas las resinas, la transmisión de luz era mayor en las muestras de menor grosor, por lo tanto, mientras más grueso el material, este será menos translúcido.

En el año 2012, Schemeling, y cols.³¹, realizaron un estudio en Brasil donde evaluaron la translucidez de los compuestos de resina de alto, mediano y bajo valor en distintos espesores. Para esto fueron construidos especímenes con 6 tipos de grosor (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0mm) con 4 marcas distintas de resina compuesta utilizando una matriz de acero inoxidable diseñado para producir discos de resina compuesta, luego de esto, procedieron al curado de los compuestos durante 60s. Las medidas de color se realizaron de acuerdo con la Escala de color CIELAB, realizando 5 muestras para cada valor de resina. El parámetro de translucidez (TP) fue obtenido calculando la diferencia de color entre el espécimen sobre un fondo blanco y sobre un fondo negro. En cuanto a los resultados tenemos que si hubo una diferencia notoria y evidenciaron que los especímenes compuestos de alto valor fueron más translúcidos que los compuestos de medio y bajo valor y mientras mayor sea el grosor de las muestras, menor es la translucidez observada, independientemente del valor de los compuestos. En conclusión, se debe manejar con cautela los espesores de los compuestos de alto, mediano y bajo valor ya que afecta directamente la translucidez de las mismas.

En el 2014, Ferraris, y cols.³², en Italia, evaluaron la influencia del grosor en las propiedades ópticas de dos resinas compuestas, una con un alto índice de refracción de luz, y otra tradicional. Usaron muestras de diferentes grosores, a 0.3, 0.5, 1, 1.5 y 2mm. Luego de fotocurar midieron los valores ópticos con un espectrofotómetro. Obtuvieron

que, a medida que aumentaba el grosor, la resina de alto índice de refracción presentaba mayor valor, mientras que en la resina tradicional ocurría lo contrario. Además, observaron también que, en ambos tipos de resina, la translucidez y el color disminuía a mayores grosores.

En 2014, Gondim³³, en Brasil, realizó un estudio donde evaluó los parámetros de translucidez y luminosidad de resinas compuesta para esmalte a diferentes grosores. Usó muestras de grosores de 0,4mm, 0,8mm y 1,2mm de 3 marcas diferentes de resina compuestas, las cuales fueron fotopolimerizadas según cada casa fabricante. Luego fueron medidos los valores L^* , a^* y b^* con un espectrofotómetro. Se obtuvo que, en el espesor de 0,8mm se alcanzaron los mayores valores de luminosidad y que al aumentar el espesor; es decir, a 1,2mm de grosor, los valores disminuyeron. Entonces se concluyó que el espesor de la muestra es un factor influyente en la luminosidad de la misma.

En el año 2015, Hajira³⁴, en la India, buscó determinar la influencia del grosor de la resina en los cambios del color y el valor de las mismas. Tres colores diferentes de resina para esmalte y uno para dentina fueron usados para dicho estudio. Como muestras de las resinas para esmalte, fueron utilizados 90 discos de 10 mm de diámetro a 0,5mm, 0,75mm y 1mm de grosor, y para las resinas de dentina usaron también 90 discos de 10mm de diámetro por 2mm de grosor. Luego de fotocurar, las muestras fueron medidas con un espectrofotómetro para determinar los valores de L^* , a^* y b^* . Se obtuvo que, a mayor grosor los valores de a^* y b^* aumentaban, mientras que el valor L^* disminuía. Por lo tanto, se concluyó que existía un grado de correlación importante entre los factores medidos, ya que a mayor grosor se obtenía mayor color, pero menor luminosidad.

2.1.5 Color o tono de la resina como factor influyente en las propiedades ópticas de la resina compuesta

En el 2008, Lee y Yun³⁵, en Korea. Determinaron la translucidez de varios colores de diferentes marcas de resinas compuestas. Usaron especímenes de 12mm de

diámetro por 1mm de grosor. Fotocuraron y procedieron a medir con un espectrofotómetro los valores para determinar el color y la translucidez. Obtuvieron que en cada una de las muestras los valores de translucidez eran diferentes, siendo las resinas de tonos más claros las más translúcidas, por lo tanto, concluyeron que la translucidez del material se ve influenciada por el color del mismo.

En el año 2010, en la Universidad de Costa Rica, Ferreto, y cols.¹, evaluaron los cambios del componente del color denominado Valor L* en diferentes tipos de resina de nanorelleno. Usaron 4 marcas diferentes de resina comercial, de los tonos A2, A3 y A3.5. Colocaron las muestras en un aro metálico sobre una loseta de vidrio y procedieron a fotocurar. Midieron las muestras con un espectrofotómetro (aparato usado para tomar las medidas de L*) y obtuvieron que en todas las muestras de resinas la diferencia en el valor L* no fue significativa, y que además tenían un valor muy similar, esto debido a que las casas fabricantes buscan las mejores propiedades estéticas y los componentes de sus productos son muy similares.

Posteriormente en 2012, en Reino Unido. Naeimi, y cols.³⁶, realizaron un estudio donde compararon la translucidez de dos resinas compuestas altamente estéticas de diferentes tonos. Empaquetaron las muestras en moldes de 15.5mm de diámetro por 1.1mm de espesor. Después de fotocurar, midieron la translucidez de cada muestra con un espectrofotómetro y obtuvieron que, en cada tono, la translucidez variaba. Concluyeron entonces que la translucidez del material se ve influenciada por el tono del mismo.

2.1.6 Transmisión de luz afectada por diferentes factores

En 2006, Lee y Powers³⁷, determinaron la influencia de las propiedades de opalescencia y la fluorescencia en la transmisión de la luz en las resinas compuestas. Usaron muestras de 38mm de diámetro por 1mm de espesor, de 6 tipos de resina A2. Fotocuraron y midieron los valores de CIElab con un espectrofotómetro. Realizaron medidas con ecuaciones para calcular la opalescencia, fluorescencia, y translucidez de cada muestra, y a través de análisis regresivos obtuvieron que la opalescencia de la

resina implicó una disminución en la transmisión de la luz, mientras que la fluorescencia aumentaba la misma.

Luego, en 2009, Queiroz R, y cols.³⁸, en Brasil, realizaron un estudio donde evaluaron la transmisión de luz de siete resinas de diferentes tipos de relleno. Prepararon las muestras en un molde de 10mm de diámetro por 2mm de grosor, fotocuraron y midieron la transmisión de la luz con un espectrofotómetro. Obtuvieron que en cada una de las muestras la transmisión de la luz era diferente, de esta forma sugirieron que dicho parámetro se ve influenciado por el tipo de relleno que posea el material.

En el año 2017, Hyun, y cols.³⁹, investigaron el efecto del color y opacidad, en la transmisión de luz a diferentes grosores de resinas compuestas durante el proceso de fotocurado. Fabricaron muestras de 6mm de diámetro con subgrupos de 1, 2 y 3mm de grosor, de 12 colores diferentes de la misma marca (Venus Diamond de Heraeus Kulzer GmbH). La medición de la transmisión de luz fue hecha a través de un espectrofotómetro, durante 10s primero, para luego fotocurarlas por completo con 40s mas de exposición. Para los valores de CIELAB usaron un colorímetro, con el cual midieron todas las muestras y así obtener la translucidez de las mismas, obtuvieron que las muestras más claras presentaron mayor irradiación de luz que las más oscuras, además, en todos los colores las muestras mostraban mayor irradiación de luz de menor a mayor grosor, es decir, que a medida que se aumentaba el grosor se obtenían menores valores de irradiación de luz. Entonces, el grosor y el color de la muestra influye en la transmisión de la luz de la misma.

2.1.7 Métodos para medir los valores ópticos de las resinas compuestas

En el 2006, Cal y cols.⁴⁰, en la Universidad de Turquía, compararon dos métodos diferentes para medir los valores L^* , a^* y b^* de tres resinas de diferente color de la misma marca. Los métodos usados fueron, a través del uso del espectrofotómetro y otro a través de la fotografía digital. El espectrofotómetro se calibró según las especificaciones de la casa fabricante, luego se procedió a medir los valores. Con el

método de la cámara digital posicionaron las muestras en una superficie negra, y se fotografiaron a una distancia de 40 cm entre la cámara y la resina, en dirección perpendicular a la misma. Las fotografías fueron tomadas a la luz del día, a las 11:00 am. Luego se analizaron las imágenes en photoshop y determinaron el L^* , a^* y b^* de cada muestra. Obtuvieron que entre los dos métodos no se encontraron diferencias significativas al analizar los valores a^* y b^* . A diferencia del valor L^* , en el cual hubo discrepancias a través del método digital. Se concluyó entonces que ambos métodos son eficaces para medir los valores a^* y b^* , pero que el método digital puede ser más específico y complejo en cuanto al valor L^* .

2.2 Bases conceptuales

2.2.1 Resinas compuestas

Son biomateriales sintéticos de uso odontológico, están formadas por tres elementos principales; matriz inorgánica o relleno, la matriz orgánica y el agente de enlace o acoplador^{14,41}.

2.2.1.1 Matriz inorgánica

Son partículas que se obtienen mediante el pulverizado o triturado de cristales de cuarzo y sílice coloidal principalmente, obteniendo partículas de entre 0,1 y 100 μm . El propósito de las partículas de relleno es consolidar la resina compuesta y reducir la cantidad de matriz orgánica mejorando sustancialmente las propiedades mecánicas del material; proporciona resistencia al desgaste, permite controlar la contracción de la polimerización, disminuye el coeficiente de variación térmica del material, disminuye la viscosidad facilitando así la manipulación del mismo, disminuye la absorción del agua y la tinción del composite, adicional a esto, dicha fase puede aportar otras propiedades a la mezcla como la radiopacidad, ya que incluye cristales de bario (ba) y estroncio(sr)¹⁴⁻⁴¹.

2.2.1.2 Matriz orgánica

Es un material plástico resinoso cuya función es unir a las partículas de relleno, está compuesta principalmente por una mezcla de monómeros aromáticos; el Bis-

GMA, UDMA, TEGDMA. El Bis-GMA por lo general es el más utilizado, sin embargo, con frecuencia se usan otros componentes con el fin de disminuir la viscosidad de la resina compuestas y minimizar aún más la contracción por polimerización. El EBPADMA, adicionalmente disminuye las características de absorción de agua de las resinas dentales, en consecuencia, se ha utilizado como un sustituto parcial o total del Bis-GMA, en sistemas compuestos más recientes¹⁴⁻⁴¹.

2.2.1.3 Agente de enlace

También llamado órgano silano, es el responsable de unir el relleno a la matriz orgánica. Un extremo de las moléculas de silano recubre las partículas inorgánicas, mientras que el otro extremo se acopla a la matriz orgánica, uniendo químicamente ambas fases, dotando al compuesto final de mejores propiedades que las que pudiera presentar por sí solas cada fase^{4,5,6,15,41}.

2.2.1.4 Inhibidores

Los inhibidores se encuentran presentes en todas las resinas compuestas y como su nombre lo indica, inhiben el proceso de polimerización accidental de la resina compuesta. El inhibidor más utilizado es el Hidroxitolueno butilado (BTH) ya que puede proporcionar resultados más satisfactorios gracias a que tiene una estabilidad de color más aceptable^{6,14,41}.

2.2.1.5 Iniciadores

Son los responsables de iniciar el proceso de polimerización en las resinas compuestas activadas por luz visible. El componente iniciador son las dicetonas, tal como la canforquinona (CQ), activada por una longitud de onda de 460-480 nm, además, el calor, la luz y algunos agentes químicos pueden causar la descomposición o la separación de la molécula, dando como resultado radicales libres que inician la polimerización. Es por esto que, es muy recomendable que los materiales a base de resina compuesta sean siempre almacenados en un medio ambiente limpio, oscuro y frío^{5,6,41}.

2.2.1.6 Pigmentos

Los pigmentos o modificadores ópticos corresponden normalmente a óxidos metálicos que son agregados en pequeñas cantidades al composite para asemejar los

tejidos de esmalte o dentina. El dióxido de titanio y óxido de aluminio son empleados como opacificadores en cantidades muy pequeñas (0.001% a 0.007%) debido a que son altamente eficaces. Todos los modificadores ópticos afectan la transmisión de la luz, por lo que se debe considerar que los tonos más oscuros y opacos de resinas de fotocurado requerirán de mayor tiempo de exposición o de capas más delgadas para lograr una completa polimerización^{6,41}.

2.2.1.7 Clasificación de las resinas compuestas basado en el tamaño y distribución de las partículas de relleno

- **Convencionales o macrorelleno:** fueron los primeros sistemas compuestos producidos con un tamaño de partículas de 15 a 100 μm en la primera generación, las nuevas generaciones, poseen partículas de menor tamaño, se ubican en un rango entre 1 a 10 μm . Los rellenos más utilizados en este tipo de resinas fueron el cuarzo y el vidrio de estroncio o bario⁴¹.
- **Resinas de microrelleno:** estas contienen relleno de sílice coloidal con un tamaño de partícula entre 0.01 y 0.05 μm . Clínicamente estas resinas se comportan mejor en la región anterior, donde las ondas y la tensión masticatoria son relativamente pequeñas, proporcionan un alto pulimento y brillo superficial, confiriendo alta estética a la restauración. Entre tanto, cuando se aplican en la región posterior muestran algunas desventajas, debido a sus inferiores propiedades mecánicas y físicas, ya que presentan mayor porcentaje de absorción acuosa, alto coeficiente de expansión térmica y menor módulo de elasticidad⁴¹.
- **Resinas compuestas híbridas:** contienen una mezcla de partículas de relleno entre 0,04 μm y 0,2-5 μm . Son utilizadas con mucho éxito como compuestos universales, ya que proveen óptimas propiedades mecánicas y logran un buen pulido, sin embargo, el brillo superficial se pierde con rapidez, por esa razón los fabricantes desarrollaron las resinas compuestas microhíbridas, con un tamaño de partícula que va de 0,04 a 1 μm y una carga de relleno mas alta (más del 60% del volumen) dotándolas de mejores propiedades mecánicas, ópticas y de pulido que las híbridas⁴¹.

2.2.1.8 Resinas de alto valor

También llamadas resinas de alta opacidad o de alta luminosidad, es una característica óptica del material. Puede ser definido como la capacidad del mismo en reflejar la luz. Un material opaco reflejará la luz que incide en ella, mientras que, un material de bajo valor o translúcido permitirá un mayor pasaje de luz a través de él. De esa forma, cuando resinas opacas son utilizadas en gran cantidad pueden resultar con una percepción óptica más blanquecina y luminosas en las mismas. Y cuando se utilizan resinas más translúcidas, el resultando será restauraciones más grisáceas^{7,27, 37}.

2.2.2 Profundidad de curado

Es la capacidad de endurecimiento que tienen los compuestos activados por luz, se puede definir como una medida de la eficiencia de la polimerización, la cual determina que tanto espesor puede tener un cuerpo de resina fotopolimerizable. Dicha medida no solo se relaciona con el tiempo, el tipo e intensidad de la luz, sino también de factores externos, como la distancia entre la lámpara de fotocurado y la resina, la angulación de la misma respecto al composite, calidad de la lámpara de fotocurado. También existen determinantes propios del material tales como, el tipo y tamaño de las partículas de relleno, sistema iniciador - activador, el color del composite, los modificadores ópticos y los opacificadores^{6,17}.

2.2.3 Color

El color no tiene una existencia material, se puede explicar como una sensación, que, para que sea posible observarlo es necesaria la presencia de dos elementos: **la luz**, actuando como estímulo sobre un receptor; **el ojo**, que va actuar como decodificador del flujo luminoso. Sin embargo, es importante resaltar que la sensación de color es un fenómeno mucho más complejo, ya que además del elemento físico (luz y ojo-fisiológico), existe un tercer elemento, el aspecto **psicológico** de cada individuo, cambiando sustancialmente la percepción del color y por lo tanto su comunicación, siendo la percepción del mismo algo totalmente subjetivo. Por lo tanto, podríamos decir que el concepto de color está conformado por la relación entre los aspectos físicos del mismo, su percepción por el ojo humano y por la interpretación psicológica propia

de cada persona^{1,7,8,42,43}. Es importante comprender que los estímulos que causan la sensación del color están divididos en dos grupos, el primero basado en la propia radiación luminosa, llamado **color-luz**, y el segundo, basado en la sustancia material que recibe la luz, llamada **color-pigmento**⁴³.

2.2.3.1 Color-luz

Es un fenómeno electromagnético visible que tiene acción sobre células especializadas en nuestros ojos, provocando reacciones fotoquímicas en la retina. En términos simples, podemos decir que la luz es quien tiene la capacidad de mostrarnos los pigmentos de los objetos que nos rodean. La luz es un fenómeno electromagnético, que en determinado rango o escala (400 a 700nm) es perceptible para el ojo humano. La síntesis aditiva del color-luz es la luz blanca, y su mejor expresión es la luz solar, esta reúne todos los matices de colores-luz existentes en la naturaleza. Cuando la luz blanca se descompone, presenta de forma aislada y en la forma de luces monocromáticas, los llamados colores-luz primarios no descomponibles, los cuales son el rojo, verde y azul violeta, y cuando son combinados en proporciones variables, producen todos los colores del espectro visible. Sin embargo, no hay forma de como obtener esos tres colores mediante cualquier combinación de colores del espectro⁴³.

2.2.3.2 Color-pigmento

Son sustancias colorantes que hacen parte del grupo de los colores químicos, dichas sustancias, según su naturaleza o composición, absorbe, refracta y refleja determinadas longitudes de ondas del espectro de luz visible. Por lo tanto, podemos determinar que, la sensación del color se da mediante la interacción del color-luz bajo el color-pigmento, decodificado y reflejado por nuestros ojos⁴³.

2.2.3.3 Dimensiones del color

En 1905, el pintor norteamericano Albert Munsell propuso un sistema de color denominado Sistema de Colores Munsell, considerado como el mejor de los sistemas basados en principios de percepción, utilizado actualmente^{1,7,8,43}.

2.2.3.3.1 Matiz

Se refiere específicamente al tipo de longitud de onda que no es absorbida por los objetos y por lo tanto es reflejada hacia nuestros ojos, es decir, el nombre del color (amarillo, verde, azul, rojo) en específico^{1,7,8}.

2.2.3.3.2 Croma

El croma tiene que ver con el grado de saturación, la intensidad del matiz o la dimensión que representa el grado de pureza de un determinado color en particular. Por ejemplo, un color (matiz) verde puede ser seguido de varios tonos menos saturados, tejiendo así una gama de verdes con menos croma^{1,7,8,43}.

2.2.3.3.3 Valor

El valor, brillo o luminosidad, es el concepto más importante para los clínicos y técnicos en la determinación de los colores de los dientes. Es considerado la dimensión acromática del color. Expresa la cantidad de luz que compone el color estudiado y se corresponde a las tonalidades de gris comprendidas entre un valor máximo; 100 que corresponde al blanco y otro mínimo; 0 que corresponde al negro, es decir, de alguna manera, es la cantidad de negro o blanco que posee un objeto provocando sensaciones de profundidad o proximidad del mismo. También, se define como la capacidad que tiene una superficie de absorber o reflejar la luz, entonces un objeto con alto valor, posee mayor opacidad y luminosidad lo que se traduce en mayor reflexión de luz. El objeto con bajo valor será más translúcido ya que trasmite más luz a través de él. Está relacionado también con la opacidad y translucidez, cuanto mayor el valor, más opaco y blanquecino será el objeto y cuanto menor valor, más translúcido o grisáceo^{1,7,8,43}.

2.2.4 Métodos para determinar el color

Existen múltiples sistemas para determinar y evaluar el color de los diferentes materiales restauradores, entre ellos tenemos⁹.

2.2.4.1 Método visual

Consiste en comparar el diente a reproducir con múltiples guías de color. La selección de color realizada a través de esta técnica es influenciada por la habilidad del operador que escoge la guía de color que más se asemeje al diente⁹.

2.2.4.2 Método instrumental

Consta de dispositivos diseñados para reducir las imperfecciones e inconsistencias de la selección de color a través del método visual. Son generalmente de tres tipos, espectrofotómetro, colorímetros y las cámaras digitales⁹.

- **Espectrofotómetros:**

Los espectrofotómetros se encuentran entre los instrumentos más precisos y útiles para la concordancia de color en odontología, Estos estiman el color de los dientes a través de la medición de la cantidad y la composición espectral de la luz reflejada en la superficie dentaria en todas las longitudes de onda visibles, esto lo logra porque el dispositivo contiene una fuente de radiación óptica, un medio de dispersión de la luz, un sistema óptico de medición, un detector y un medio de conversión de la luz obtenida en una señal que se puede analizar, midiendo la cantidad de energía luminosa reflejada de un objeto en intervalos de 1 a 25 nm a lo largo del espectro visible. Los datos obtenidos de los espectrofotómetros deben manipularse y traducirse a un formato útil para los profesionales de la odontología, generalmente los resultados se expresan en la escala CIE $L^*a^*b^*$ ¹⁰⁻¹³.

- **Colorímetros:**

Son instrumentos diseñados para la medición directa del color, ellos generalmente usan tres o cuatro fotodiodos de silicio que tienen filtros de colores del campo visible: Rojo, verde y azul. Estos filtros actúan como generadores de funciones analógicas que limitan las características espectrales de la luz que incide en la superficie del detector, es decir, estos no registran la reflectancia espectral, por lo tanto, no son tan precisos como los espectrofotómetros, sin embargo, Estos instrumentos son más fáciles de usar y relativamente económicos¹⁰.

- **Cámaras digitales:**

Las cámaras digitales como herramienta para la selección de color son un tema de interés debido a que estas, son equipos de fácil uso, multipropósito, económicos y ampliamente disponibles. Estos dispositivos adquieren información RGB que es utilizada para crear una imagen a color, esta imagen obtenida es dependiente de la cámara utilizada, es por esto que se requiere de una calibración y ajustes apropiados para obtener una información precisa que sea de utilidad para el odontólogo y técnico. La ventaja de este método es que la cámara graba los tres colores primarios en cada ubicación de píxel, lo que permite obtener el color real de un objeto fotografiado. Las imágenes producidas a través de una cámara digital se analizan utilizando un software de formación de imágenes, lo que permite la valoración del color de las imágenes analizadas. Este es un proceso mucho más económico que el uso de espectrofotómetros o colorímetros, además de ser una gran forma de registrar el tratamiento de los pacientes, por lo que su uso es cada vez más popular.

Las cámaras fotográficas se pueden utilizar a través de dos sistemas fotográficos; modo manual o modo automático. Cuando se emplean para el análisis de color, el modo de la cámara, debe tenerse en consideración porque esto puede influir en los componentes del color y arrojar datos incorrectos. Otro detalles a tomar en cuenta es que las condiciones de iluminación pueden perjudicar la medición del color, por lo que es un parámetro que se debe estandarizar al tomar las imágenes.

- **Filtro de polarización cruzada**

La fotografía con polarización cruzada tiene como objetivo remover el brillo excesivo o destellos de luz innecesarios provocados por el flash al tomar la fotografía,⁴⁴. En este proceso, se coloca un filtro para polarizar tanto la fuente de luz (los flashes) y el lente, esto permite una mejor visualización principalmente del valor, croma y otros detalles como manchas intrínsecas favoreciendo una toma de color más simplificada y directa ya que se expone el color “real” del diente¹¹.

- **Tarjeta de balance de blancos**

La tarjeta de balance de blancos es un objeto de color gris neutral donde, los matices rojo, azul y verde son expresados equitativamente, es decir, sin predominancia de ninguno de estos¹⁴. Esta se usa para equilibrar el balance de blancos de la cámara digital o para equilibrar las imágenes, por ejemplo, si la imagen tiene un sesgo de color en él, una herramienta de balance de blancos en Photoshop (y otros programas) puede ser utilizado para eliminar todos los sesgos de color en la imagen para que los colores representen lo que el espectador realmente vería^{11,44}.

- **Procesamiento de Imágenes.**

Los sistemas de procesamiento de imágenes no son más que softwares con una serie de herramientas y opciones a disposición del usuario con el fin de, analizar, corregir o incluso transformar una imagen estándar a una mucho más creativa. En odontología, lo que se busca, es un sistema el cual sea fácil de utilizar y lo suficientemente potente como para manejar fotografías de alta calidad sin pérdida de información para un correcto análisis de color, esto se traduce un software con capacidad de lectura de imágenes en formato RAW⁴⁴.

2.2.5 Cielab

El Sistema de color CIELAB, es uno de los más utilizados para evaluar el color de un objeto, ya que correlaciona la percepción visual humana con valores numéricos para comunicar y expresar el color de una forma objetiva. Desarrollado por la *Commission Internationale de L'Eclairage* en 1971, este sistema es usado comúnmente en estudios para la evaluación del color dental porque cubre visualmente de manera uniforme el espacio de color, arrojando resultados satisfactorios y sobre todo objetivos.

Los parámetros de este sistema son tres. La **L***, que determina la **Luminosidad**, y por tanto es una coordenada acromática, cuyos valores van del 0 al 100, siendo el negro y el blanco, respectivamente. La **a*** y la **b*** son las coordenadas cromáticas; siendo **a*** el eje **verde-rojo**, donde **a-** es verde y **a+** es rojo; y **b*** el eje **azul-amarillo**, donde **b-** es azul y **b+** es amarillo.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque, alcance y diseño de investigación

La presente investigación, tuvo un enfoque cuantitativo, ya que utilizó la recolección de datos para probar la hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico⁴⁵. En este estudio se obtuvieron valores numéricos que permitieron medir la profundidad de curado de las resinas compuesta de alto valor.

El alcance de esta investigación fue correlacional, ya que tuvo como finalidad conocer la relación o grado de asociación que existió entre dos o más variables en un contexto en particular y en un determinado momento⁴⁵. Por lo tanto, en este estudio se pretendió probar como influye la luminosidad del material en la profundidad de curado en resinas compuestas.

El diseño de esta investigación fue experimental, ya que se manipuló al menos una de las variables independientes para observar su relación y efecto con las variables dependientes con grupos preestablecidos o formados antes del experimento⁴⁵. En este estudio se observó y se midió la profundidad de curado de cada resina dependiendo de las características lumínicas que presentó cada muestra, también, dicho estudio buscó establecer relación entre la luminosidad de las resinas compuestas y la profundidad de curado de las mismas.

3.2 Especímenes no biológicos

En el presente estudio se utilizaron diferentes tonalidades de resinas compuestas de la marca 3M serie Z350 como grupo experimental:

- CTT (efecto) lot. NE27310 vcto. 2024-02-04
- A2 (esmalte) lot. NE37121 vcto. 2024-06-10
- B1 (esmalte) lot. NC82916 vcto. 2023-02-30
- W (esmalte) lot. NE38014 vcto. 2024-02-04
- XW (body) lot. NC15170 vcto. 2023-02-13

Como grupo control se utilizó un tono de resinas compuestas marca 3M serie Z250:

- A2 lot. NE16241 vcto. 2024-03-02

3.2.1 Criterios de inclusión

En esta investigación se consideraron los siguientes criterios de inclusión:

- Muestras con diámetro constante de (+/-)2mm, ya que la profundidad dependerá de la capacidad de la profundidad de curado.
- Muestras fotocuradas con lámpara LED 3M ESPE Elipar de 1200mW/cm² previamente cargada durante toda la noche.

3.2.2 Criterios de exclusión

En esta investigación se consideraron los siguientes criterios de exclusión:

- Muestras sometidas a fuentes de luz externas antes de la medición.
- Muestras que caigan al suelo.

3.3 Sistema de variables

3.3.1 Variable independiente

- Diversos tonos de Resina compuesta, confeccionadas por la misma marca 3M-Z350:
 - CTT
 - A2
 - B1
 - W
 - XWB

3.3.2 Variable dependiente

- Profundidad de curado medida en milímetros.

3.3.3 Variable interviniente

- Estado de carga de la unidad de fotopolimerización.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En el presente estudio se utilizó como técnica de recolección de datos la observación directa asistida técnicamente, mediante el uso de un vernier electrónico con sensibilidad de 0.1mm, cámara fotográfica Nikon 5300 y el programa Adobe Photoshop CC.

3.5 Procedimientos, materiales, equipos e instrumentos

3.5.1 Materiales, equipos e instrumentos

- Resinas 3M-Z350 (tonos CTT, A2, B1, W, XW)
- Moldes de silicona por condensación de 2mm de diámetro por 1,5cm de profundidad
- Bandas de matriz mylar
- Lámpara LED de fotocurado marca 3M espe
- Espátula plástica
- Vernier electrónico con sensibilidad de 0.1mm
- Molde de silicona sintética para composite fotopolimerizable marca smile line (my shade guide)
- Kit de pulido para resina compuesta
- Micromotor
- Cámara fotográfica Nikon 5300, lente macro 100mm
- Twin flash
- Filtro polarizador
- Computadora con Adobe Photoshop CC, Microsoft Excel y SPSS IBM 2019

3.5.2 Procedimiento

3.5.2.1 Fase I: Conformación de los grupos de estudio

Para la presente investigación se crearon 5 grupos de trabajo y un grupo control, cada uno de ellos estuvieron conformado de acuerdo al tono o color de cada resina.

Se disponen de la siguiente manera:

- Muestras de resina 3M-Z350 tono ATT
- Muestras de resina 3M-Z350 tono A2E
- Muestras de resina 3M-Z350 tono B1E
- Muestras de resina 3M-Z350 tono WE
- Muestras de resina 3M-Z350 tono XWB
- Muestras de resina 3M-Z250 tono A2 (grupo control)

Cada uno de los grupos de estudio contó con 10 muestras de resina del tono específico, para un total de 50 especímenes. El grupo control contó con 10 muestras.

3.5.2.2 Fase 2: Preparación de las muestras

Para la elaboración de las muestras se siguió el protocolo establecido por la norma ISO 4049, por lo que se procedió a empaquetar las resinas compuestas en moldes de silicona por condensación de 2mm de diámetro por 1.5cm de profundidad, luego, se condensaron meticulosamente con el fin de evitar burbujas de aire o imperfecciones en las muestras, se limpió el material excedente y se cubrieron por el extremo superior con bandas de matriz de mylar. Posteriormente se procedió a fotocurar las muestras con una lámpara LED marca 3M ESPE Elipar 1200mW/cm² por 40 segundos, posicionando la fibra óptica sobre la banda matriz de mylar, luego se retirarán las muestras de los moldes y se removerá el material blando no curado con una espátula de resina.

3.5.2.3 Fase 3: Medición de las muestras

Luego de retirar el material que no fotocuró, por medio de la utilización de un vernier electrónico con sensibilidad de 0.1mm se procedió a la medición de las muestras.

3.5.2.4 Fase 4: Determinación del valor

Para determinar el valor, se realizaron 3 muestras por cada tono de resina compuesta, para un total de 18 especímenes. Este procedimiento se llevó a cabo utilizando el molde de silicona sintética para composite fotopolimerizable (my shade guide) marca Smile Line, cada muestra se fotopolimerizó por 40s, luego se procedió a pulir cada una de ellas con un kit de pulido para resinas. Posterior a esto, se tomaron las fotografías de las mismas, para ello, se colocaron las muestras de forma vertical en una base de cera de utilidad, se utilizó una cámara digital marca Nikon5300, con lente macro de 100mm, un filtro polarizador y los twin flash. Esta, se colocó en un trípode a una distancia de 40cm de la muestra con el fin hacer un procedimiento más controlado. Seguidamente, se procedió a tomar 3 fotos por cada muestra para un total de 54 fotografías, las cuales, fueron vaciadas en una computadora y se revelaron en Adobe Photoshop CC, específicamente con Adobe Camera Raw, luego, cada una de las fotos se guardaron en formato PNG, y luego fueron analizadas con el programa Digital Color Meter con el fin de obtener los valores de L^* representando la luminosidad, siendo 0 el negro y 100 el blanco^{14,46}.

3.6 Principios éticos

Esta investigación contó con principios éticos dotándola con resultados confiables y replicables de manera tal que los mismos no fueron alterados a conveniencia del investigador y no se presentaron conflictos de interés.

3.7 Análisis de resultados

Los datos obtenidos se registraron en una hoja de cálculo de Microsoft Excel y fueron llevados al paquete estadístico SPSS IBM versión 2019, se utilizó la estadística descriptiva en donde se determinaron las medias y las desviaciones estándar de cada grupo, a través de la estadística inferencial se realizaron análisis de varianza de una vía para las variables profundidad de curado y luminosidad, con el objetivo de determinar las diferencias estadísticamente significativas o aleatorias existentes; además, se realizó una regresión lineal para así obtener el valor de p (probabilidad), el coeficiente

de correlación, el coeficiente de determinación y el signo de la correlación. El valor de “p” quedó preestablecido en 0,05.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Tabla 1: Estadística descriptiva para la variable profundidad de curado (mm) en función del tono de resina compuesta.

Profundidad mm								
	N	Promedio	Desv. Estandar	Error Std.	95% Intervalo de Confianza para el Promedio		Minimo	Maximo
					Limite inf	Limite sup.		
A2E	10	7,7230	,26675	,08435	7,5322	7,9138	7,37	8,16
B1E	10	8,1420	,29446	,09312	7,9314	8,3526	7,71	8,57
WE	10	9,1330	,22316	,07057	8,9734	9,2926	8,82	9,40
CTT	10	11,4970	,59602	,18848	11,0706	11,9234	10,01	12,17
A2_Z250	10	7,3770	,19015	,06013	7,2410	7,5130	6,96	7,55
XWB	10	6,7210	,23072	,07296	6,5560	6,8860	6,42	7,22
Total	60	8,4322	1,59979	,20653	8,0189	8,8454	6,42	12,17

En la tabla 1, vamos a observar la estadística descriptiva, donde podemos ver como medida de tendencia central el promedio y la medida de dispersión (desviación estándar) de la profundidad de curado expresada en milímetros, los valores serán expresados de menor a mayor, donde tenemos, la resina XW Body con un promedio de profundidad de curado de 6,72 (0,26) mm, siguiendo el grupo control A2 Z250 con 7,37 (0,19) mm, le sigue la resina A2 Esmalte con un promedio de 7,72 (0,26) mm, continuando con la resina B1 Esmalte con 8,14 (0,29) mm, siguiendo con la resina W Esmalte con un curado de 9,13 (0,22) mm, y por último tenemos la muestra CT Translúcido con un promedio de 11,49 (0,59) mm de profundidad de curado.

Tabla 2: ANOVA de 1 Vía para profundidad de curado (mm) en función al tono de resina compuesta.

ANOVA					
Profundidad mm					
	Suma de Cuadrados	df	Promedio de Cuadrados	F	Sig.
Entre Grupos	145,130	5	29,026	266,987	,000
Dentro de Grupos	5,871	54	,109		
Total	151,000	59			

En la tabla 2, se realizó una prueba de hipótesis para comparar los diferentes grupos en relación con la profundidad de curado expresada en milímetros en función del tono de resina, donde se obtuvo un valor de p menor de 0,05; lo que indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de estudio.

Tabla 3: Tukey HSD para profundidad de curado en función a tono de resina compuesta expresado en mm.

		Profundidad mm					
		N	Subconjunto para Alfa = 0.05				
Composite			1	2	3	4	5
Tukey HSD ^a	XWB	10	6,7210				
	A2_Z250	10		7,3770			
	A2E	10		7,7230	7,7230		
	B1E	10			8,1420		
	WE	10				9,1330	
	CTT	10					11,4970
	Sig.			1,000	,194	,066	1,000

En la tabla 3, se realizó una prueba HSD Tukey, para determinar entre que grupos hubo diferencias. Se observó, que las muestras se agruparon en 5 columnas en donde la resina XW Body obtuvo la menor profundidad de curado, con un promedio de 6,72 mm, siendo menor y diferente a la muestra A2 Z250 con un valor de 7,37 mm, el cual, no tuvo diferencias con la resina A2 Esmalte cuyo valor es de 7,72 mm. La

muestra B1 Esmalte, con un promedio de 8,14 mm, no mostró diferencias significativas con el grupo anteriormente mencionado. La resina W esmalte con un valor de 9,13 mm, es menor y diferente a la resina CT Translúcido, la cual obtuvo mayor profundidad de curado con un valor promedio de 11,49 mm.

Tabla 4: Estadística descriptiva para la variable luminosidad expresada en delta L en función del tono de resina compuesta.

L								
	N	Promedio	Desv. Estandar	Error Est.	95% Intervalo de Confianza para el Promedio		Minimo	Maximo
					Limite inf.	Limite Sup.		
A2E	10	60,19744	2,114658	,668714	58,68471	61,71018	56,724	62,973
B1E	10	63,55289	1,196348	,378319	62,69707	64,40870	61,105	65,179
WE	10	57,82278	1,679313	,531045	56,62147	59,02409	54,926	60,791
CTT	10	30,85011	1,986946	,628328	29,42874	32,27149	28,377	33,275
A2_Z250	10	62,46400	1,089577	,344554	61,68456	63,24344	60,983	63,941
XWB	10	72,10778	1,508615	,477066	71,02858	73,18698	69,211	74,250
Total	60	57,83250	13,058670	1,685867	54,45909	61,20591	28,377	74,250

En la tabla 4, observaremos la estadística descriptiva de la luminosidad (L), donde, como medida de tendencia central se utilizó el promedio y como medida de dispersión (desviación estándar), los valores de L serán ordenados de menor a mayor, donde tenemos a la resina CT Translúcido, con un delta L de 30,85 (1,9) , le sigue la resina WE esmalte, con un promedio de L de 57,82 (1,6), continúa la resina A2 Esmalte, con un valor de 60,19 (2,1), la siguiente es, la resina A2 Z250 (grupo control), con un valor de L de 62,46 (1,08), seguidamente encontramos la muestra B1 Esmalte, con 63,55 (1,1), finalizando con la resina XW Body con un promedio de L de 72,10 (1,5), siendo la muestra mas opaca.

Tabla 5: ANOVA de 1 vía para la variable luminosidad en función del tono de resina compuesta expresada en delta L

ANOVA					
L					
	Suma de Cuadrados	df	Promedio de Cuadrados	F	Sig.
Entre Grupos	9915,996	5	1983,199	737,515	,000
Dentro de Grupos	145,208	54	2,689		
Total	10061,203	59			

En la tabla 5, se realizó una prueba de hipótesis para determinar la correlación entre las variables, profundidad de curado y luminosidad. El valor de p fue menor a 0,05; concluyendo que hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de estudio.

Tabla 6: Tukey HSD para la luminosidad en función al tono de resina compuesta expresada en delta L

		L					
		Subconjunto para Alfa = 0.05					
	Composite	N	1	2	3	4	5
Tukey HSD ^a	CTT	10	30,85011				
	WE	10		57,82278			
	A2E	10			60,19744		
	A2_Z250	10				62,46400	
	B1E	10				63,55289	
	XWB	10					72,10778
	Sig.			1,000	1,000	1,000	,675

En la tabla 6, se realizó una prueba HSD Tukey para la variable luminosidad. Con la finalidad de determinar entre que grupos hubo diferencias; se observó como las muestras se agruparon en 5 columnas en donde, la resina con menor luminosidad fue la CT Translúcido, con un delta L de 30,85, siendo menor y diferente a la resina WE esmalte, con 57,82. El cual también es menor y diferente a la resina A2 Esmalte, con delta L de 60,19. La siguiente es la resina A2 Z250 (grupo control), con un valor de L de 62,46, el cual no mostró diferencias con la muestra B1 Esmalte, con un delta L de 63,55, finalizando con la la resina XW Body con 72,10, siendo la muestra más luminosa y por ende opaca.

Tabla 7: Regresión lineal para la variable profundidad de curado (mm) en función a la luminosidad (delta L)

Modelo Resumen									
Modelo	R	R Cuadrado	R Cuadrado Ajustado	Error Std. de la Estimación	Change Statistics				
					R Cuadrado Ajustado	F Ajustado	df1	df2	Sig. F Ajustado
1	,939 ^a	,882	,880	,55513	,882	431,998	1	58	,000

a. Predictores: (Constante), L

En la tabla 7, podemos observar que el coeficiente de correlación R es de 0,939, siendo esta correlación del 93%; el coeficiente de determinación R² es de 0,88, siendo del 88%, esto quiere decir que la variable profundidad de curado depende en un 88% de la variable luminosidad y el valor de p= 0,000 que es estadísticamente significativo.

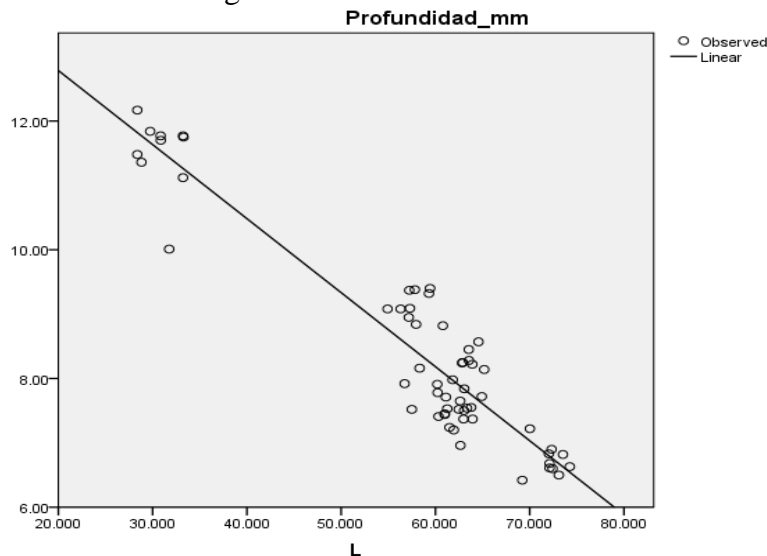
Tabla 8: Función generada por la regresión lineal

Coeficientes ^a						
Modelo		Coeficientes no Estandarizados		Coeficientes Estandarizados	t	Sig.
		B	Error Std.	Beta		
1	(Constante)	15,085	,328		45,991	,000
	L	-,115	,006	-,939	-20,785	,000

a. Variable Dependiente: Profundidad_mm

En la tabla 8, se observa que la variante determinante (L) tiene signo de la pendiente negativo, lo que quiere decir, que la correlación es inversamente proporcional, dicho de otra forma, a mayor luminosidad de la resina compuesta, menor profundidad de curado de esta. Esta relación se observa de mejor manera en el gráfico 1.

Gráfico 1: Función de la regresión



En el gráfico 1, se puede apreciar que la correlación inversamente proporcional

DISCUSIÓN

La profundidad de curado, es una medida de la eficiencia de la polimerización que determina el espesor que puede tener un cuerpo de resina fotopolimerizable. La profundidad de curado de una resina compuesta, depende de varios factores que involucran tanto a la composición del material, como a la fuente de luz; lo que comprende el tipo, la concentración, la calidad y el tiempo de iluminación de la luz activadora, así como también, la dirección y la distancia de la luz con respecto al composite, el tipo y tamaño de las partículas de relleno, sistema iniciador - activador, el color del composite, los modificadores ópticos y los opacificadores⁶. Algunos autores han informado que los tonos más oscuros de resinas no curan a la misma profundidad que los tonos más claros^{23,38} sin embargo, otros autores afirman que esto no es un factor relevante en el curado de una resina^{17,19}, lo que nos conduce a pensar sobre este problema y nos lleva a analizar otros factores asociados al color y sus dimensiones, dentro de ellos encontramos la luminosidad, conocida también como valor o brillo, esta es la dimensión acromática del color; es decir, no depende de los pigmentos y se define como la capacidad que tiene una superficie de absorber o reflejar la luz, entonces un objeto con alto valor posee mayor opacidad y luminosidad, lo que se traduce en mayor reflexión de luz. Mientras que un objeto con bajo valor será más translúcido, ya que trasmite más luz a través de su estructura^{1,7,8}. Esto afectará la capacidad que tiene la restauración de absorber o reflejar la luz.

Existen varios sistemas disponibles para determinar y evaluar el color de los diferentes materiales restauradores, dentro de los dispositivos más utilizados encontramos los colorímetros, estos determinan de forma directa el color, ya que miden valores triestímulos utilizando tres filtros de colores del campo visible (rojo, verde y azul); debido a esto, los colorímetros no registran la reflectancia espectral, por lo que no son tan precisos, son fáciles de utilizar y no son costosos. Los espectrofotómetros se encuentran entre los más exactos y útiles para la determinación del color, miden la cantidad de energía reflejada por un objeto en intervalos de 1 a 25 nm a lo largo del espectro de luz visible, lamentablemente son costosos, lo que limita su adquisición.

También, encontramos las cámaras digitales junto a programas de edición, estos son ampliamente empleados como herramientas para la selección de color, la ventaja de este método es que la cámara graba los tres colores primarios en cada ubicación de píxel, lo que permite obtener el color real de un objeto fotografiado; además, las imágenes producidas a través de ella se analizan utilizando softwares de formación de imágenes, lo que permite la valoración del color de las imágenes analizadas. Este es un proceso mucho más económico que el uso de espectrofotómetros o colorímetros, además de ser una gran forma de registrar el tratamiento de los pacientes, por lo tanto, son equipos de fácil uso, multipropósito, económicos y ampliamente disponibles. Algunos estudios^{13,14}, afirman que el análisis instrumental del color dental es hasta un 33 % más preciso que el empleo del método visual del color, por lo que estas técnicas se posicionan como las principales al momento de determinarlo.

En nuestro estudio se determinó la luminosidad de las muestras empleadas a través del uso de cámara digital y los programas Adobe Photoshop CC, esto debido al fácil acceso a los equipos anteriormente mencionados y al dominio de la técnica fotográfica por parte de los operadores, además de ser un método estandarizado y empleado en estudios previos, como en las investigaciones realizadas en la Universidad de Guayaquil por Orrala y cols¹¹, quienes analizaron la efectividad de la fotografía digital en relación a la toma de color dental, mediante un test de selección de color con visualización directa y otro test utilizando la técnica de fotografía digital y Photoshop CC, encontrando que la toma de color mediante la fotografía digital da resultados más fiables. En el mismo sentido, el estudio de Gurrea y cols.¹² evaluó la variabilidad del color en el tono A entre diferentes tipos de guía vita, usando una cámara digital Canon EOS 60D y software Adobe Photoshop CC, hallando la existencia de diferencias significativas entre las guías estudiadas.

La profundidad de curado puede evaluarse directa o indirectamente, los métodos directos evalúan el grado de conversión, como la espectroscopía infrarroja o espectroscopía láser, los cuales no han sido aceptados para uso rutinario por su complejidad, costo y el tiempo prolongado que requieren^{43*}. Los métodos indirectos para evaluar la profundidad de curado han incluido raspado y pruebas de dureza

superficial, estos generalmente siguen la norma ISO 4049, un protocolo que consta en llevar la resina compuesta a un molde de 2mm de diámetro y 10mm o más de profundidad, se procede a fotopolimerizar, luego se retira el compuesto del molde, se elimina entonces el material sin polimerizar y se mide la profundidad obtenida con un micrómetro electrónico con una sensibilidad de 0,01mm⁶. Esto es aceptado como el método de elección al momento de definir la profundidad de curado en resinas compuestas, por lo que se empleó en este experimento, al igual que lo observado en otros estudios, tal es el caso de los realizados por Moore y cols¹⁸ quienes determinaron la profundidad de curado de tres tonos de resinas diferentes (B1, A3 y D3) en distintas viscosidades siguiendo este protocolo, concluyendo que la profundidad de curado está fuertemente ligada a la opacidad del material, pues las resinas B1 tuvieron el mayor curado, seguidas por las D3 y finalmente las A3. Asimismo, la investigación de Flury y cols³⁹ evaluó la profundidad de curado determinada por el método ISO 4049 y los perfiles de microdureza Vickers en materiales bulk fill, las resinas Quixfill obtuvieron un mayor curado y las Filtek Silorane reflejaron la menor de las profundidades, los autores observaron las diferencias entre ambos métodos, encontrando que la norma ISO 4049 arrojó una mayor profundidad de curado que los perfiles de Vickers.

En nuestra investigación, se realizaron estudios en resinas 3M Z350 de las tonalidades XW Body, W esmalte, B1 esmalte, A2 esmalte, CT Translúcido, y Z250 tono A2 como grupo control, esto con el fin de incluir los tonos predominantemente utilizados por odontólogos al realizar restauraciones en el sector anterior. Con fines didácticos, en esta investigación se clasificaron las resinas en cuatro grupos; baja luminosidad (CT), neutras o de luminosidad media (A2E-B1E), alta luminosidad (WE) y extra luminosas (XWB), normalmente, las neutras suelen poseer pigmento, es decir, son cromáticas y las de baja, alta y extra-luminosidad, son acromáticas.

Los resultados arrojados con respecto a la profundidad de curado de estos especímenes, nos indican que el grupo con menor curado fue el de resinas XWB, esto se debe a que en su estructura interna poseen partículas de relleno con conglomerados más grandes que los de tonos de esmalte; además de los óxidos metálicos usados para opacar el material y dificulta el paso de luz originando una resina más luminosa, el

grupo que alcanzó mayor profundidad fue el CTT, pues normalmente las resinas de baja luminosidad son acromáticas y con una menor cantidad de relleno en volumen y mayor dispersión de partículas no asociadas a conglomerados, lo que permite un mayor paso de luz. El grupo control se ubicó en un punto medio, resultados similares a los vistos en B1E y A2E, podría llamar la atención que una resina universal posea un comportamiento parecido a B1E, lo que quizás esté dado, porque las partículas de relleno son de mayor tamaño con una distribución un poco más desordenada y con pigmentos. Asimismo, resaltó el grupo WE ya que no tuvo el comportamiento esperado, pues se pensó que estaría ubicada entre las más luminosas, pero sus resultados fueron similares a B1E, esto puede deberse a que este último posee algo de croma y WE es acromático, lo que pudo facilitar el paso de luz a través de sí y tal vez en un espesor aumentado subiría su luminosidad. Estos resultados, fueron similares a los observados en el estudio de Wilson y cols.²² quienes analizaron algunas resinas de diferentes marcas comerciales en los tonos A2, A3.5, C2 y sus variantes (esmalte y dentina). Las resinas de esmalte mostraron la mayor profundidad de curado en el orden A2-A3.5-C2, mientras que las resinas de dentina obtuvieron la menor profundidad de curado también en el orden mencionado; por lo que los autores concluyeron que existió una menor profundidad de curado en las resinas que poseían mayor opacidad.

Por otra parte, la prueba de hipótesis para la variable profundidad de curado, indicó que existen diferencias entre los grupos de estudios, tal cual lo evidenciado en la investigación de Moore y cols¹⁸, en donde los distintos especímenes tuvieron diferencia en la profundidad de curado.

En los resultados de comparaciones múltiples para la variable de profundidad de curado, el grupo de resinas XWB se ubicó en el extremo con menor profundidad de curado, mientras que las muestras de CTT se posicionaron en el extremo de mayor profundidad, los demás especímenes tuvieron un comportamiento similar al del grupo Z-250 A2, por lo que se podría presumir que la variable luminosidad está involucrada, como en el caso observado en los estudios de Harrington y cols.²² quienes evaluaron la profundidad de curado de materiales compuestos universales y la influencia del tono y la opacidad en la profundidad de curado, concluyendo que existe un vínculo estrecho

entre el curado y la opacidad de las resinas compuestas.

En este estudio, los resultados arrojados con respecto a la luminosidad, indican que el grupo con mayor luminosidad fue el de resinas XWB, el grupo de menor luminosidad fue CTT, lo obtenido va en relación a lo explicado anteriormente, pues la luminosidad es mayor en las resinas más opacas y disminuye en las más translúcidas, lo que va en concordancia a los datos observados en los estudios de Mejía y Mena⁴⁷, quienes determinaron el grado de opacidad y translucidez de un gran grupo de resinas de diferentes marcas comerciales, entre ellas 3M Z350; tonos XWB, XWE, A3D, C2B, encontrando a la XWB como la más opaca, siguiendo con A2D, XWE, C2B y TA. Confirmando así el comportamiento opaco de las dentinas.

Por otra parte, en la prueba de hipótesis para la variable luminosidad, se mostraron diferencias entre todos los grupos examinados, al igual que los resultados vistos en la investigación de Mejía y Mena⁴⁷ mencionados anteriormente, en dónde analizando diversos grupos de resinas, encontraron diferentes grados de luminosidad.

Con respecto a las comparaciones múltiples de la luminosidad, la resina menos luminosa fue la CTT, siguiendo la resina WE, posteriormente la A2 Z250 obtuvo una luminosidad media y no mostró diferencias con B1E, por último, tenemos la XWB como la muestra más opaca. Esta distribución en las comparaciones múltiples de profundidad de curado y luminosidad, muestra una relación entre ambos factores, pues CTT fue la menos luminosa y la de mayor profundidad de curado y a su vez, XWB fue la más luminosa y la de menor profundidad de curado.

Nuestro estudio determinó que hubo correlación entre las variables, siendo esta inversamente proporcional; es decir, a mayor profundidad de curado menor luminosidad, esta relación mostró que la profundidad alcanzada dependerá en un 88% de la luminosidad que tengan las resinas, ya que un objeto de alto valor es opaco y reflejará la luz, mientras que uno de bajo valor será translúcido y permitirá el paso de luz a través de su estructura. Lo que se observó en otros estudios, como en los realizados por Shortall y cols¹⁷ en donde la translucidez mostró ser un factor predictivo mucho más influyente de la profundidad de curado que cualquier cambio de color o tono en el material, por lo que afirmaron que la profundidad de curado está

fuertemente vinculada a la luminosidad del material y no al color. Asimismo, Matsumoto y cols.¹⁹ sugirieron que la translucidez es un factor más determinante que el tono del material al momento de predecir la profundidad de curado; al igual que, Ferracane, y cols.²¹, quienes en su estudio determinaron la profundidad de curado de resinas compuestas fotopolimerizables utilizando diferentes tonos y grados translucidez a través de la dureza, encontraron que la profundidad de curado de las resinas activadas por luz puede depender menos del tono que de otros factores, tal como la translucidez del material. Finalmente, los estudios de Wilson y cols.²² mostraron resultados similares a nuestro estudio, pues mediante el análisis de la profundidad de curado y la influencia de la opacidad en materiales compuestos universales, encontraron que existe una relación entre el curado y la opacidad de las resinas compuestas.

Los resultados de la presente investigación podrían considerarse positivos, ya que en todas las resinas estudiadas la profundidad de curado fue superior a los 5mm independientemente de la luminosidad de cada compuesto, superando así los espesores recomendados por la casa fabricante, lo que genera la seguridad de obtener buena polimerización, pues al pertenecer a la gama utilizada para restauraciones en el sector anterior, no suelen emplearse estos espesores. Cabe resaltar que los resultados obtenidos se originan por una prueba invitro, por lo cual, las condiciones fueron controladas, a diferencia de las restauraciones realizadas en cavidad bucal, en las cuales intervienen diversos factores que deben ser tomados en cuenta al momento de realizar una restauración.

Además, se recomienda realizar este estudio en diferentes marcas comerciales, ya que posiblemente existan variaciones por lo cual no podrían estandarizarse resultados, recomendamos establecer en cada sistema una referencia.

CONCLUSIONES

En base a la experimentación y a los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, se puede concluir que:

- En cuanto a la profundidad de curado, el grupo que mostró mayores cifras fue el CTT con 11,49mm y el que alcanzó menor profundidad de curado fue XWB con 6,72mm, además, Z-250 A2 obtuvo un promedio de 7,37mm, siendo similar a A2E con 7,72mm y cercano a B1E con 8,14mm, sorpresivamente WE alcanzó una profundidad de 9,13mm.
- Entre los grupos de resinas estudiados, XWB mostró la mayor luminosidad, con un promedio de 72,10, asimismo, CTT obtuvo la menor luminosidad con 30,85, el grupo control obtuvo una luminosidad media con 62,46, seguidamente encontramos al A2E con 60,19 y al B1E con 63,55, el WE tuvo un comportamiento inesperado alcanzando 57,82.
- Se confirmó la existencia de una correlación inversamente proporcional con un valor de 93% y un peso de 88%.

www.bdigital.ula.ve

RECOMENDACIONES

- Una vez realizado el experimento en una marca comercial de resinas (3M), se podrían iniciar nuevos estudios en distintas marcas y tipos de

resinas con el objetivo de analizar el comportamiento de las mismas y así determinar diferencias y/o similitudes con la presente investigación.

- Este estudio, da inicio a una línea de investigación que podría continuar con el análisis de profundidad de curado de resinas en diferentes situaciones clínicas que integran la cotidianidad de la consulta odontológica, como por ejemplo, el estudio de restauraciones de resina en dientes tratados endodónticamente, que para su correcto sellado podrían requerir mayores espesores de resina.

www.bdigital.ula.ve

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rica UDC, Masís L, Alfaro R, Rica UDC, Ferreto DI, Andrea D. Diferencias de iluminación en diferentes tipos de resinas compuestas de nanopartícula. *Odovtos - Int J Dent Sci* [Internet]. 2010;(12):53-7. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=499550296007>

2. TURBINO ML, SANTOS LA, MATSON E. Microdureza de resina composta fotopolimerizável: a cor da matriz experimental pode alterar os resultados dos testes? *Pesqui Odontológica Bras.* 2000;14(3):232-6.
3. Gabriela A, Bravo G, Edison R, Terán C. Comparación in vitro de la profundidad de curado de una resina nanohíbrida fotoactivada con luz halógena versus luz led. *Rev Nac Odontol [Internet].* 2018;13(26). Disponible en: Comparación in vitro de la profundidad de curado de una resina nanohíbrida fotoactivada con
4. RODRIGUEZ G D, PEREIRA S N, Rodríguez García R, Pereira S. N. Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas. *Acta odontológica Venez.* 2008;46(3):381-92.
5. Carrillo C. Materiales de resinas compuestas y su polimerización Parte I. *Rev la Asoc Dent Mex [Internet].* 2009;66(4):36-44. Disponible en: Materiales de resinas compuestas y su polimerización Parte I
6. Caro Cohen M. Estudio comparativo in vitro de la profundidad de polimerización de resinas compuestas fluidas polimerizadas por luz LED versus luz halógena, a través de. *Univ Chile- Fac Odontol [Internet].* 2012;4-58. Disponible en: <https://scholar.google.es/scholar?hl=es&q=luz+led&btnG=&lr=#1>
7. Higashi C, Giovana M, Eugenio G, Osnara M, Joao G. Color y características ópticas para restauraciones estéticas de dientes anteriores. 2011;49(4):1-11.
8. Salas M, Lucena C, Herrera LJ, Yebra A, Della Bona A, Pérez MM. Translucency thresholds for dental materials. *Dent Mater [Internet].* 2018;34(8):1168-74. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.05.001>
9. Rondón L. Precisión y acuerdo de los métodos visual y digital en la selección de color. Universidad de los Andes, Facultad de Odontología, Venezuela. [Trabajo especial de grado para optar por el título de Odontólogo]. 2019
10. Bersezio C. Batista O. Vildólosa P. Martín J. Fernandez E. Instrumentación para el registro del color en odontología. *Revista Dental de Chile* 2013; 104 (3) 3-7
11. Orrala O. Reyes D. Simplificación de la toma de color dental mediante fotografía digital. Universidad de Guayaquil, Facultad de Odontología. Ecuador. [Trabajo de grado previo a la obtención del título de Odontólogo]. 2018
12. Gurra J, Bruguera A, Sampaio C, Janal M, Bonfante E, Coelho P y Hirata R. Evaluation of dental shade guide variability using cross-polarized photography. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry.*
13. Stephen J. Chu a, Richard D. Trushkowsky B. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *journal of dentistry.* 2016;36:e76-e81.

14. Joan R, Carlos C. Influencia del espesor de tres resinas compuestas translúcidas de diferente tonalidad sobre la luminosidad. 2014;1-51. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/28362/>
15. Hervás-García A, Martínez-Lozano MA, Cabanes-Vila J, Barjau-Escribano A, Fos-Galve P. Composite resins. A review of the materials and clinical indications. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2006;11(2):215-20.
16. Briso ALF, Fedel TM, Pereira SDM, Mauro SJ, Sundfeld RH, Sundefeld MLMM. Influence of light curing source on microhardness of composite resins of different shades. *J Appl Oral Sci [Internet]*. 2006;14(1):10-5. Disponible en: Influence of light curing source on microhardness of composite resins of different shades
17. Shortall AC. How light source and product shade influence cure depth for a contemporary composite. *J Oral Rehabil*. 2005;32(12):906-11.
18. Moore BK, Platt JA, Borges G, Chu TMG, Katsilieri I. Depth of cure of dental resin composites: ISO 4049 depth and microhardness of types of materials and shades. *Oper Dent*. 2008;33(4):408-12.
19. Matsumoto H, J G, V M, T O, J F, G H. depth of cure of visible light-cured resin: clinical simulation. *J Prosthet Dent [Internet]*. 1986;55(5). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/002239138690034X>
20. Borges BCD, Bezerra GVG, Mesquita J de A, Pereira MR, Aguiar FHB, dos Santos AJS. Effect of irradiation times on the polymerization depth of contemporary fissure sealants with different opacities. *Braz Oral Res [Internet]*. 2011;25(2):135-42. Disponible en: Effect of irradiation times on the polymerization depth of contemporary fissure sealants with different opacities
21. Ferracane JL, Aday P, Matsumoto H, Marker VA. Relationship between shade and depth of cure for light-activated dental composite resins. *Dent Mater [Internet]*. 1986;2(2):80-4. Disponible en: Relationship between shade and depth of cure for light-activated dental composite resins
22. Wilson H, Shortall A, Harrington E. Depth of cure of radiation-activated composite restoratives — Influence of shade and opacity. *Journal of Oral Rehabilitation* 1995 22; 337-342
23. Swartz ML, Phillips RW, Rhodes B. Visible light-activated resins--depth of cure. *J Am Dent Assoc [Internet]*. 1983;106(5):634-7. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002817783650231>
24. Tanoue N, Koishi Y, Matsumura H, Atsuta M. Curing depth of different shades of a photo-activated prosthetic composite material. *J Oral Rehabil*. 2001;28(7):618-23.
25. Guiraldo RD, Consani S, Consani RLX, Berger SB, Mendes WB, Sinhoreti MAC. Light energy transmission through composite influenced by material shades. *Bull Tokyo Dent Coll*. 2009;50(4):183-90.
26. Dewald JP, Ferracane JL. A Comparison of Four Modes of Evaluating Depth of Cure of Light-activated Composites. *J Dent Res*. 1987;66(3):727-30.
27. Frauscher KE, Ilie N. Depth of cure and mechanical properties of nano-hybrid resin-based composites with novel and conventional matrix formulation. *Clin Oral Investig*. 2012;16(5):1425-34.

28. Vichi A, Fraioli A, Davidson CL, Ferrari M. Influence of thickness on color in multi-layering technique. *Dent Mater* [Internet]. 2007;23(12):1584-9. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0109564107001753>
29. Schmeling M, Meyer-Filho A, Mac A, Baratieri LN. Chromatic influence of value resin composites. *Oper Dent*. 2010;35(1):44-9.
30. Nakajima M, Arimoto A, Prasansuttiporn T, Thanatvarakorn O, Foxton RM, Tagami J. Light transmission characteristics of dentine and resin composites with different thickness. *J Dent* [Internet]. 2012;40(SUPPL.2):e77-82. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2012.08.016>
31. Schmeling M, De Andrada MAC, Maia HP, De Araújo EM. Translucency of value resin composites used to replace enamel in stratified composite restoration techniques. *J Esthet Restor Dent*. 2012;24(1):53-8.
32. Ferraris F, Diamantopoulou S, Acunzo R, Alcidi R. Influence of enamel composite thickness on value, chroma and translucency of a high and a nonhigh refractive index resin composite. *Int J Esthet Dent* [Internet]. 2014;9(3):382-401. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/264831198_Influence_of_enamel_composite_thickness_on_value_chroma_and_translucency_of_a_high_and_a_nonhigh_refractive_index_resin_composite
33. Almeida AG. TRANSLUCIDEZ E LUMINOSIDADE DE COMPÓSITOS PARA ESMALTE EM DIFERENTES ESPESSURAS. 1 Almeida AG. Translucidez e luminosidade compósitos para esmalte em Difer espessuras 2014; [Internet]. 2014; Disponible en: TRANSLUCIDEZ E LUMINOSIDADE DE COMPÓSITOS PARA ESMALTE EM DIFERENTES ESPESSURAS
34. Hajira NSWN, Mehta D, Ashwini P, Meena N, Usha HL. Influence of Different Enamel Shades and Thickness on Chroma and Value of Dentin Vita Shade: An in vitro Comparative Assessment Study. *J Contemp Dent Pract*. 2015;16(4):304-9.
35. Yu B, Lee YK. Translucency of varied brand and shade of resin composites. *Am J Dent* [Internet]. 2008;21(4):229-32. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/23261738_Translucency_of_varied_brand_and_shade_of_resin_composites
36. Naeimi Akbar H, Moharamzadeh K, Wood DJ, Van Noort R. Relationship between color and translucency of multishaded dental composite resins. *Int J Dent* [Internet]. 2012;2012. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22319530>
37. Lee YK, Powers JM. Influence of opalescence and fluorescence properties on the light transmittance of resin composite as a function of wavelength. *Am J Dent* [Internet]. 2006;19(5):283-8. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/6723565_Influence_of_opalescence_and_fluorescence_properties_on_the_light_transmittance_of_resin_composite_as_a_function_of_wavelength

38. Queiroz RS, Paulo J, Lima M De, Alexandre D, Pedrosa M. Changes on Transmittance Mode of Different Composite Resins Figuras - Materials e Figuras Materials. Changes. 2009;12(2):127-32.
39. Hyun HK, Christoferson CK, Pfeifer CS, Felix C, Ferracane JL. Effect of shade, opacity and layer thickness on light transmission through a nano-hybrid dental composite during curing [Internet]. Vol. 29, Journal of Esthetic and Restorative Dentistry. 2017. p. 362-7. Disponible en: Effect of shade, opacity and layer thickness on light transmission through a nano-hybrid dental composite during curing
40. Cal E, Güneri P, Kose T. Comparison of digital and spectrophotometric measurements of colour shade guides. J Oral Rehabil. 2006;33(3):221-8.
41. Schulze K, Macaoay M, Miles J. Materiales restauradores directos. En: Geissberger M. Odontología estética en la practica clinica. Amolca:2012: p155-173
42. Villarroel M, Fahl N, Sousa A, Batista o. Direct Esthetic Restorations Based on Translucency and Opacity of Composite Resins. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry. Volumen 23, número 2, 2011.
43. Kina S, Bruguera A, Celestino M, Kano P. Luz y color. En: Kina S, Bruguera A. Invisible. Restauraciones estéticas cerámicas. Dental Press Editora. 2008: p 81-124
44. Romero J. Estado actual de los métodos de toma de color dental. Universidad de Guayaquil, Facultad de Odontología. Ecuador. [Trabajo de grado previo a la obtención del título de Odontólogo]. 2020.
45. Hernández Roberto, Carlos F, Pilar B. Metodología de la Investigación. 2010. 656 p.
46. Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. J Prosthet Dent. 1998;80(6):642-8.
47. Mejía K, Mena D. Opacidad y translucidez de diferentes resinas de acuerdo a su tamaño de partícula y su aplicación clínica. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Odontología. [Trabajo de grado para optar por el título de Rehabilitador Oral]. 2012

ANEXOS



Imagen 1: Lámpara de fotocurado, vernier electrónico, espátula de resina, moldes de silicona, banda matriz mylar , resina compuesta.



Imagen 2: Fotocurado de las muestras de resina compuesta.



Imagen 3: Medición de las muestras, con vernier electrónico.



Imagen 4: Molde de silicona sintetica para composite fotopolimerizable (my shade guide)

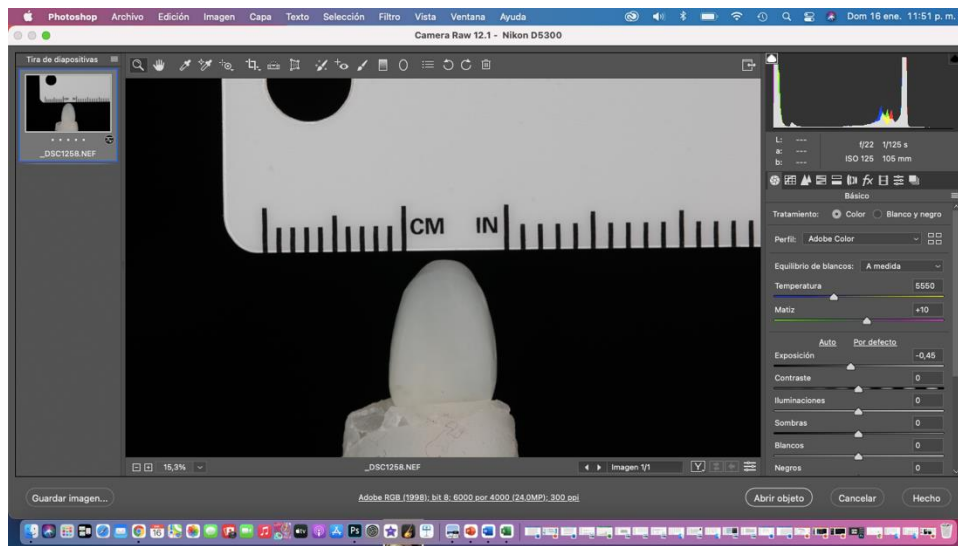


Imagen 5: Revelado de fotografía en Camera Raw

www.bdigital.ula.ve